PAUL KRAIS

WERKSTOFFE

HANDWÖRTERBUCH DER TECHNISCHEN WAREN UND IHRER BESTANDTEILE

ERSTER BAND

A–F

JOHANN AMBROSIUS BARTH / LEIPZIG

THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
540.3
K 857w
v.1

remote
storage

REFERENCE

WERKSTOFFE

HANDWÖRTERBUCH
DER
TECHNISCHEN WAREN
UND
IHRER BESTANDTEILE

UNTER MITWIRKUNG
ZAHLREICHER FACHWISSENSCHAFTLICHER MITARBEITER

HERAUSGEGEBEN VON

PROF. DR. PAUL KRAIS

ERSTER BAND
A BIS F

LEIPZIG
1921

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH

Übersetzungsrecht vorbehalten.
Copyright by Johann Ambrosius Barth, Leipzig. 1921.

540.3
K857w
v.1.
remote storage

July 18, 1922. L CORY

Vorwort des Herausgebers

Ein Unterschied zwischen Theorie und Praxis besteht nicht, sofern Theorie begründete Praxis ist, deshalb: Forschen!

Ernst Müller.

Die ursprüngliche Anregung für die Herstellung dieses Handwörterbuches stammt von Dr. E. Zschimmer, früherem Direktor am Glaswerk Schott & Gen. in Jena, der sich mit dem Gedanken, ein „Lexikon der technischen Stoffe" zu schaffen im April 1916 an den Verlag wandte. Auf Vorschlag von Prof. Dr. B. Rassow trat der Verlag im Oktober 1916 an mich mit der Frage heran, ob ich die Herausgabe des geplanten Werkes übernehmen wolle. Ich bin dieser Aufforderung gern gefolgt, weil Studien, Bestrebungen und Lehrtätigkeit mich damals vor viele Fragen der Materialkenntnis und Warenkunde stellten, wie dies auch heute noch bei meiner Forschungstätigkeit auf dem Textilgebiet der Fall ist.

Die Vorarbeiten waren bald so weit gediehen, daß auf Grund eines Arbeitsplanes, bei dessen Zustandekommen Dr. Zschimmer und Prof. Rassow tätig mithalfen, mit der Anwerbung der Mitarbeiter begonnen werden konnte. Dies war im Frühjahr 1917.

Es zeigte sich bald, daß eine möglichst einheitliche Ordnung für die Behandlung der Stoffe und möglichst weitgehende Vollständigkeit des Inhalts nur durch eine scharfe Umgrenzung des Begriffs „Werkstoff" und dessen Einschränkung auf technische Gebiete, erner durch die Aufstellung eines allgemeinen Schemas für die Bearbeitung erreicht werden konnte.

Umgrenzung des Begriffes „Werkstoff":

„Werkstoffe im Sinne des Handwörterbuches sind: Alle natürlichen und zubereiteten technischen Stoffe, welche die Materie oder materielle Teile einer Ware des Großhandels bilden, gleichviel ob sie künstlich geformt sind oder nicht.

Ausgenommen sind: Eß-, Trink-, Genuß- und Arzneiwaren, Pflanzen und Tiere, Futter-, Dünge-, Würz- und Riechstoffe, kosmetische Mittel, Kleidung und Schuhwerk, Hausrat, Schmuck-, Kunst- und Luxusgegenstände."

Ein zunächst von mir aufgestelltes Schema wurde von Dr. E. Groschuff noch erweitert und verbessert. Es ist in den nachfolgenden „Einzelheiten" S. VII wiedergegeben. Doch konnte dieses Schema nicht für alle Werkstoffe benützt werden, bei vielen konnte es nur als ungefährer Anhalt für die Reihenfolge der Behandlung dienen.

Der Weltkrieg hat die Herstellung des Werkes erschwert und verzögert und es hat fast 4 Jahre Arbeit gekostet, bis es nun doch endlich fertig geworden ist. Während dieser Zeit sind auch die Kosten der Herstellung sehr hoch gestiegen. Das andauernde und eingehende Interesse und Verständnis für die dem Werke zugrunde liegenden Gedanken, wie es der Verleger Dr. A. Meiner hegt, erfüllt die erste Grundbedingung zum Fertigwerden des Ganzen; in gleicher Weise haben aber auch die Mitarbeiter mich aufs beste unterstützt und sich meistens mit solchem Eifer und Geschick in die neuartige Aufgabe hineingedacht und -gefunden, daß meine Arbeit wesentlich erleichtert wurde. So war es für mich stets ein freudiges Ereignis, wenn ein neuer Beitrag eintraf.

Chem 19 D21 Rec'd from Harr V.1-3

487776

Der Krieg brachte es aber auch mit sich, daß eine Anzahl von Mitarbeitern die übernommene Arbeit wieder aufgeben mußten; einen von ihnen, Dr. E. Küppers in Bochum, hat leider eine tückische Krankheit hinweggerafft, ein anderer, P. Kalnin in Essen, verließ Deutschland infolge des Umschwungs. So kam es, daß das Suchen nach Mitarbeitern noch bis in die letzten Monate des Jahres 1919 andauerte.

Trotz allen Bestrebens nach Vollständigkeit erscheint es nicht unmöglich, daß noch kleine Lücken in dem Werk vorhanden sind; wir werden jedem dankbar sein, der uns auf solche aufmerksam macht. Im großen und ganzen aber dürfte das Handwörterbuch ein gutes und vollständiges Bild vom jetzigen Stand unseres Wissens über die Werkstoffe geben. Besonders wichtig ist, daß durch den Grad der Vollständigkeit, mit der die Eigenschaften der verschiedenen Stoffe geschildert werden konnten, deutlich wird, wo noch Lücken durch weitere Forschung auszufüllen sind.

Man wird zunächst nicht erwarten, daß das Handwörterbuch viel Neues bringt, soll es doch nur solche Angaben enthalten, für deren Richtigkeit und Wichtigkeit die sachverständigen Mitarbeiter mit ihrem Namen einstehen können. Trotzdem wird man in dem Werk Neues finden und zwar deshalb, weil die neuartige Fassung des Stoffes vielen Autoren neue Gesichtspunkte zur Behandlung gegeben hat.

Bei besonders wichtigen und vielseitig gebrauchten Stoffen haben wir es nicht gescheut, sie wiederholt besprechen zu lassen, denn z. B. der Quarz wird verschieden angesehen, je nachdem er vom Mineralogen, vom Schmuckstein-, Baustein-, Glas-, Tonwaren-, Kitt- oder Metallsachverständigen behandelt wird. Eben dadurch wird das Bild nach allen Seiten vervollständigt.

Das Handwörterbuch der Werkstoffe dürfte berufen sein, einen Schritt vorwärts auf dem Wege zur Vereinheitlichung und Vereinfachung des technischen Wissens zu führen; es ist zu hoffen, daß dieser Weg zu einer klaren Scheidung des technischen Wissens führt, in die drei Lehren: von den Werkstoffen, den Werkkräften und den Werkzeugen; jede im weitest denkbaren Sinne der Worte aufgefaßt. Nur durch eine solche grundsätzliche Teilung wird es auf die Dauer möglich sein, daß Techniker wie Forscher, Lehrer wie Schüler sich in dem immer größer und verwickelter werdenden Meer von Einzelheiten zurechtfinden, und daß auch die lernende Jugend vor dem Versinken in Einseitigkeit und Halbwissen bewahrt wird.

Der Hauptzweck des Werkes ist, dem Techniker wie dem Forscher (die ja oftmals ein und dieselbe Person sind) ein handliches und zuverlässiges Nachschlagebuch zu bieten, in dem sie sich rasch und vollständig über die naturwissenschaftlichen, technischen und gewerblichen Eigenschaften und Eigenheiten der Werkstoffe und Klassen von Werkstoffen unterrichten können. Aus diesem Grunde sind auch allgemeingehaltene Abschnitte, wie die über Kristalle und über Kolloide, aufgenommen worden. Was man jetzt aus vielen Spezialwerken mühsam zusammensuchen muß und selbst dann meist nur unvollständig finden kann, soll hier fertig und völlig beisammenstehen, wobei zugleich die einschlägige allgemeine und besondere Literatur angegeben ist, um ein Spezialstudium zu ermöglichen.

Da das Hauptgewicht auf den Eigenschaften der Werkstoffe liegt, sind Angaben über ihre Gewinnung und Herstellung nur da gemacht worden, wo sie zum Verständnis der Eigenschaften und zur Unterscheidung der Qualitäten notwendig sind.

Hoffen wir, daß sich das Handwörterbuch für die deutsche Technik und Forschung und für den aufstrebenden Nachwuchs als ein hilfreiches Werk erweist, um die schwere Arbeit, die uns bevorsteht, zu erleichtern. Diese Hoffnung läßt sich um so froher aussprechen, als der hohe Bildungsstand des deutschen Technikers und Forschers ihn ganz besonders befähigt, aus dem Werk den besten Nutzen zu ziehen.

Dresden, Sommer 1920. Paul Krais.

Verzeichnis der Mitarbeiter.

Amsel, H. Dr., Kiel (Farbstoffe).
Augst, E. Architekt, Essen (Hölzer).
Baumann, R. Professor, Materialprüfungsanstalt der Techn. Hochschule Stuttgart (Flußeisen, Flußstahl, Prüfungsverfahren).
Berdel, E. Prof. Dr., Direktor der Keramischen Fachschule, Höhr (Nassau) (Farbstoffe).
Boëtius, M. Dipl.-Ing., Dresden (Zucker, Stärke).
Brehm, H. Dr.-Ing., Berlin (Kolloide).
Bugge, G. Dr., Konstanz (Plastische Massen, Leuchtende Stoffe).
Burchartz, H. Prof., Materialprüfungsamt, Berlin-Lichterfelde (Gebrannte Steine).
Deiß, E. Prof., Berlin-Steglitz (Eisenchemie).
Engelhardt, V. Dr., Berlin-Friedenau (Metalle).
Eppler, A. Studienrat Dr., Krefeld (Schmuck- und Edelsteine).
Eyer, Ph. Ingenieur-Chemiker, Halberstadt (Email).
Geibel, W. Dr., Hanau (Platinmetalle, Quarzglas).
Glafey, H. Dipl.-Ing., Geh. Reg. Rat, Privatdozent a. d. Techn. Hochschule zu Berlin (Textilien).
Graefe, E. Prof. Dr., Dresden (Asphalt, Braunkohle).
Groschuff, E. Reg.-Rat Dr., Berlin (Metalle).
Hillen, G. H. Dr., Berlin-Charlottenburg (Kautschuk, Guttapercha, Faktis).
Kast, H. Prof. Dr., Berlin-Grunewald (Sprengstoffe).
v. Keil, O. Dr.-Ing., Aachen (Eisen).
Kieser, K. Dr., Beuel a. Rh. (Photographische Materialien).
Kißling, R. Dr., Bremen (Leim, Gelatine).
Kleinstück, M. Dr., Dresden (Hölzer).
Koppel, J. Privatdozent Dr., Pankow-Berlin (Metalle).
Kruber, O. Dr., Ges. f. Teerverwertung, Duisburg-Meiderich (Teerprodukte).
Kuhlmann, E. Prof., Frankfurt a. M. (Steine und Mörtel).
Lauffmann, R. Chemiker, Freiberg i. Sa. (Gerbstoffe, Häute und Felle, Leder).
Lehne, A. Geheimrat Prof. Dr., Karlsruhe i. B. (Farbstoffe).
Lohse, U. Prof. Dipl.-Ing., Hamburg (Eisen).
Marckwald, L. Dr., Bunzlau (Tonwaren).
Meyer, R. J. Prof. Dr., Berlin (Seltene Elemente).
Mohr, O. Prof. Dr., Ludwigshafen a. Rh. (Brennstoffe).
Müller, C. Reg.-Rat Dr., Charlottenburg-Westend (Metalle).
Nacken, R. Prof. Dr., Greifswald (Kristalle, Mineralien).
Nitzsche, H. Dr.-Ing. Privatdozent an der Techn. Hochschule Darmstadt, Frankfurt a. M. (Steine und Mörtel).
Ostwald, W. Geheimrat Prof. Dr., Großbothen i. Sa. (Farben).
Piwowarsky, E. Dr.-Ing. Privatdozent, Breslau (Eisen).
Pöschl, V. Prof. Dr., Mannheim (Horn, Knochen).
Rassow, B. Prof. Dr., Leipzig (Desinfektionsmittel).
Sachsse, R. Prof. Dr.. Dresden (Warenkundliche Bilder).
Scharf, F. Dr., Leipzig (Wirtschaftliches).
Schenk, E. Dr.-Ing., Mannheim-Rheinau (Chemikalien, Wasser).
Schertel, L. Dr.-Ing., Essen-Ruhr (Zinn).
Schladebach, H. Dr., Dresden (Azetylen, Methan, Eiweiß, organische Chemikalien).
Schulz, E. H. Dr.-Ing., Dortmund (Metalle, Legierungen).
Schulze, A. Privatdozent Dr., Charlottenburg (Quecksilber).
Schwalbe, C. G. Prof. Dr., Eberswalde (Zellstoff, Papier).
Seipp, H. Prof. Dr., Direktor der Staatl. Baugewerkschule Erfurt (Steine).
Singer, Felix Dr.-Ing., Selb i. Bay. (Porzellan).
Spilker, A. Generaldirektor Dr., Duisburg-Meiderich (Teerprodukte).
Thiene, H. Dr., Glaswerk Schott & Gen. Jena (Glas).
Utz, F. Oberstabsapotheker, München (Kork, Schwämme).
Wilhelm, K. Prof. Dr., Hochschule für Bodenkultur, Wien (Hölzer).
Wischin, R. Dr., Heidelberg (Mineralöle).
Wolff, H. Dr., Mitarbeiter im öffentl. Chem. Laboratorium Berlin NW 6, Philippstr. 3 (Fette, Öle, Wachse, Harze, Firnisse, Lacke, Seifen, Klebmittel, Kitte).

Einzelheiten für den Gebrauch des Handwörterbuches.

Bemerkungen über Inhalt, Sprache und Satz.

Wie im Vorwort gesagt wurde, soll das Werk kein Handwörterbuch der Technologie im üblichen Sinne sein, sondern in erster Linie die technisch wichtigen Eigenschaften der Werkstoffe zusammenstellen, zu deren Vollständigkeit auch wirtschaftliche Angaben gehören, so auch der Preis. Da es jetzt unmöglich ist, Preisangaben von zuverlässiger Gültigkeit zu geben, so sind, wo es nicht anders angegeben ist, die Preise vor dem Kriege verzeichnet.

Was die Sprache betrifft, so sind unnötige Fremdwörter vermieden worden, ohne daß ein zu strenger und daher fehlerhafter Purismus angewandt wurde. Das statt des sonst üblichen „Molekül" oder „Molekel" gebrauchte Wort Molekul (wie Modul) wurde schon von Johannes Wislicenus empfohlen. Es hat keinen französischen Beigeschmack, wie Molekül, nicht den Fehler üblen Klangs wie Molekel und stimmt mit den häufig gebrauchten Wörtern „molekular", „Molekulargewicht" überein, seine Wiedereinführung erscheint also berechtigt.

Das typographische Bild der Textseite ist im allgemeinen so gehalten, daß Stichwörter sowohl in der alphabetischen Reihenfolge als auch in den Gruppen von Werkstoffen behandelnden Abschnitten fett gedruckt sind. In manchen Gruppen, wo die Unterstichwörter zahlreich sind (z. B. Farbstoffe, I.) sind sie nur gesperrt gedruckt. Namen von Handelsmarken, Eigennamen u. dgl. innerhalb des Textes stehen gesperrt. *Ausgerückt und kursiv* sind die dem nachfolgenden Schema entsprechenden Abschnitte gesetzt, doch ist der Raumersparnis und Übersichtlichkeit wegen in dieser Beziehung nicht zu weit gegangen worden, so daß meist nur Gruppen von Eigenschaften in dieser Weise ausgezeichnet wurden, um ein rasches Zurechtfinden zu erleichtern.

Schema für die Behandlung der einzelnen Werkstoffe.

I. *Namen*, deutsche,
lateinische bzw. griechische, soweit zur Erklärung der Namen nötig,
französische,
englische.

II. *Chemische Natur* (Konstitution):
Chemisch einheitlich?
Physikalisch einheitlich?
Nicht einheitlich?
Chemische Zusammensetzung.
Chemische Bezeichnung.
Chemische Formel.
Atom- bzw. Molekulargewicht, Prozentuale Zusammensetzung aus Elementen bzw. Verbindungen.

III. *Morphologie:*
1. Einteilung der Formen.
2. Formarten:
Aggregat- und Konsistenzzustand bei gew. Temp. (18°) u. gew. Druck (760 mm).
Kristallformen (Schlag- und Ätzfiguren usw.).
Amorphe Formen.
Kolloide Formen.
Konsistenzzustände.
3. Aufbau:
Makroskopisch.
Mikroskopisch (Mikroskopie und Metallographie).
Einfluß der Bearbeitung.
4. Allgemeine Erscheinung, äußere Form, Bruch.

IV. *Thermische Eigenschaften und Dichte*:
1. Formart und Konsistenzänderungen durch Wärme und Druck:
Exo- und endotherme Wärmetönungen.
Diskontinuierliche Volumänderungen.
Zustandsdiagramm (Existenzgebiet der verschiedenen Formarten).
Schmelz- und Erstarrungspunkt.
Schmelzbarkeit (Segerkegel und sonstige Angaben).
Schmelzgeschwindigkeit.
Kristallisationsvermögen (Spontaneität, Geschwindigkeit, Unterkühlung).
Sinterungspunkt, Schwindungstemperatur.
Kohäsions- und Adhäsionspunkt beim Erweichen.
Erweichungstemperatur, Zähigkeitstemperatur, Plastizitätstemperatur, Fließtemperatur } Konsistenzänderungen.
Umwandlungspunkt.
Eutektischer Punkt (Temperatur, Konzentration).
Bildungstemperatur (und -geschwindigkeit).
Zersetzungs-, Dissoziationstemperatur (und -geschwindigkeit).
2. Dichte, thermische Eigenschaften ohne Formartänderung:
Dichte (spez. Gew.), Räumigkeit (spez. Volumen) bei gew. Temp.
Dichtemaximum und Dichte bei anderen besonderen Temperaturen (z. B. 0°, 100°, Schmelz- und Siedetemperatur).
Dampfdichte, Gasdichte.
Molekular- und Atomvolumen.
Temperaturkoeffizient der Dichte.
Wärmeausdehnung (linearer und kubischer Ausdehnungskoeffizient).
Verhalten gegen Wärmeausbreitung.
Erkaltungsgeschwindigkeit.
Wärmeleitung.
Wärmestrahlung.
Diathermanität, Wärmeabsorption.
Wärmeisolation.
Zustandsgleichung (bei Gasen).
Zusammendrückbarkeit von Gasen und Flüssigkeiten.
Dampfspannung (Tension).
3. Kalorimetrie und Thermochemie:
Spez. Wärme (Wärmekapazität).
Molekular- und Atomwärme.
Schmelz- (Kristallisations-) Wärme.
Umwandlungswärme.
Sublimationswärme.
Verdampfungs- (Verdunstungs-) Wärme.
Bildungswärme.

Zersetzungs-(Dissoziations-)Wärme
Mischungswärme.
Lösungswärme.
Hydratationswärme.
Verdünnungswärme.
Reaktionswärme (-temperatur, -geschwindigkeit).
Neutralisationswärme.
Oxydationswärme.
Verbrennungswärme.
Brennbarkeit, Heizwert.
Entzündungs-, Entflammungstemperatur.
Explosionsvermögen (Temp., Druck, Fortpflanzungsgeschwindigkeit usw.).

V. *Mechanisch-technische Eigenschaften:*
1. Allgemeines Verhalten bei mechanischer Beanspruchung:
Elastizität (Koeffizient, Modul).
Elastizitätsgrenze.
Festigkeit.
Widerstand gegen Deformation.
Dehnung.
Bildsamkeit (Plastizität).
Zähigkeit (Tenazität).
Innere Reibung (Viskosität, Fluidität).
Temperatureinfluß.
Einfluß der Bearbeitung.
2. Widerstand gegen Eindringen.
Härte im allgemeinen.
Härte nach der Mohsschen Skala.
Härte nach anderen Skalen.
Ritzhärte.
Bohrhärte.
Schneidhärte.
Schabfestigkeit.
Feilhärte.
Schleifhärte.
Kugeldruckhärte (Kugel-, Kegel-, Zylinderdruckprobe).
Fallhärte.
3. Widerstand gegen Druck:
Zusammendrückbarkeit (Kompressibilität) fester Körper.
Druckelastizität.
Druckfestigkeit.
Preßwiderstand.
Schlag-, Stoß-, Hubfestigkeit.
Spaltbarkeit.
4. Widerstand gegen Zug:
Dehnbarkeit.
Zugelastizität.
Zerreißfestigkeit (bzw. Reißlänge).
5. Widerstand gegen Biegung:
Biegsamkeit.
Biegungselastizität.
Biegefestigkeit.
Knickfestigkeit.
Bruchfestigkeit.
6. Widerstand gegen Schub und Drill:
Scherbarkeit.
Schub- und Scherelastizität.
Schub- und Scherfestigkeit.
Querwiderstand.
Drillbarkeit (Tordierbarkeit), Zerdrehbarkeit.
Drillelastizität (Torsions-E.),
Drillfestigkeit.
Drillwiderstand.
Zerdrehungswiderstand.
7. Sonstige mechanisch-technische Eigenschaften:
Adhärenzeigenschaften.
Benetzbarkeit.
Haftfestigkeit, Abreißwiderstand.
Oberflächenspannung.
Kapillarität.
Filtrier- und Saugfähigkeit.
Luftdurchlässigkeit.
Gasdichtigkeit.
Wasserdurchlässigkeit.
Reibungswiderstand (gleitende und rollende Reibung).
Aus- und Durchströmungsgeschwindigkeit (bei Gasen und Flüssigkeiten).
Diffusion und Osmose.

VI. *Optische Eigenschaften:*
1. Verhalten gegen Licht:
Durchsichtigkeit (Pelluzidität), Absorption.
Lichtbrechung (Refraktion).
Zerstreuung (Dispersion).
Interferenzerscheinungen.
Verhalten im polarisierten Licht (Drehungsvermögen).
Zurückwerfung des Lichtes (Reflexion).
Farbe, Helligkeit, Glanz.
2. Lichtausstrahlung (Emission):
Leuchtkraft, Beleuchtungsstärke, Luminiszenz.
Phosphoreszenz, Fluoreszenz.
3. Phototechnik und Photochemie:
Photographie.
Spektralanalyse.
Optische Eigenschaften von Lösungen (Farbe, Absorption).

VII. *Elektrische und magnetische Eigenschaften:*
1. Elektrisches Verhalten:
Elektrisches Leitvermögen (Leitfähigkeit).
Elektrischer Widerstand.
Elektrische Durchschlagsfestigkeit.
Elektrisches Isolationsvermögen.
Dielektrizitätskonstante.
2. Elektrizitätserzeugung:
Piezoelektrische Eigenschaften.
Reibungselektrische Eigenschaften.
Thermo-(pyro-)elektrische Eigenschaften.
Photo-(aktino-)elektrische Eigenschaften.
3. Magnetische Eigenschaften.
4. Elektrotechnische Eigenschaften:
a) elektrothermische (bei Glüh- und Bogenlampen, Widerstands-, Lichtbogenöfen, Hitzdrahtinstrumenten, Schmelzsicherungen usw.),
b) elektromagnetische (bei Generatoren, Motoren, Meßinstru-

menten, Telegraphen-, Telefon-, Signalwesen usw.),
c) sonstige (bei Leitungen, Kabeln, Widerständen, Schutzvorrichtungen, Nebenapparaten wie Schaltern, Stromwendern, Umschaltern usw.)
(Hier nur die Eigenschaften selbst, Angaben betr. Verwendung unter XII, 3.)
5. Elektrochemisches Verhalten:
Elektrolytische Eigenschaften (Elektrolyse, Galvanotechnik).
Galvanische Eigenschaften (Ketten, Elemente).

VIII. *Sonstige physikalische Eigenschaften*:
1. Radioaktivität:
Radioaktive Strahlung.
Verhalten gegen Radioaktion (Durchlässigkeit, Absorption usw.).
2. Verhalten gegen Röntgen- und Kathodenstrahlen.
3. Akustische Eigenschaften:
Verhalten gegen Schall.
Schalleitung (Fortpflanzungsgeschwindigkeit).
Schallisolation.
Erregbarkeit für Schall.

IX. *Chemisches Verhalten*:
1. Verhalten gegen Gase:
Verhalten gegen Luft, Sauerstoff, Ozon (Oxydation, Anlauffarben).
Verhalten gegen Wasserstoff (Reduktion).
Verhalten gegen andere Gase (Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff, Ammoniakgas, Schwefelwasserstoffgas, Halogene, Edelgase usw.).
2. Verhalten gegen Wasser:
Feuchtigkeitsaufnahme (Hygroskopizität).
Verwitterung.
Ätzung (Korrosion, Verhalten gegen See-, Fluß-, Regen- u. a. natürliches Wasser, gegen destilliertes Wasser).
Löslichkeit bei gew. Temp. (18°).
Löslichkeit bei anderen besonderen Temperaturen.
Löslichkeitsdiagramm.
Physikalisches Verhalten der wäßrigen Lösungen (in der Reihenfolge wie IV—VIII des Schemas) besonders:
Gefrierpunkt.
Kryohydratischer Punkt.
Siedepunkt.
Dichte bei gew. Temp. (18°) und anderen besonderen Temperaturen.
Dampfspannung (Tension).
Lösungs-, Hydratations- und Verdünnungswärme.
Innere Reibung.
Oberflächenspannung.
Farbe.
Elektrolytische Dissoziation.
3. Verhalten gegen andere chemische Stoffe:
Metalle, (nicht gasförmige) Metalloide.
Säuren und saure Oxyde (einschließl. Schwefelwasserstoffwasser).
Alkalien und basische Oxyde (einschl. Ammoniaklösung).
Amphotere Oxyde und Hydroxyde.
Salze, organische Lösungsmittel usw.
4. Kolloidchemisches Verhalten.
a) Kolloide Lösungen.
b) Bildung plastischer Massen. Quellbarkeit, Quellmaß.
Physikalische Eigenschaften der plastischen Massen (nach IV bis VIII des Schemas), besonders Konsistenz- und Kohärenzeigenschaften (Schwindungsgrenze, Schwindmaß, Plastizitätsgrenze, Fließgrenze).
Erhärtbarkeit, Abbindevermögen.
Physikalische Eigenschaften der erhärteten Massen, bes. Festigkeit, Verhalten beim Erhitzen, Brennen (physikal. Eigenschaften der gebrannten Massen).
5. Katalytisches Verhalten.
6. Verhalten bei chemisch-technischen Einwirkungen:
Färben, Ätzen, Brennen (mit Säuren), Beizen usw.

X. *Physiologische Eigenschaften*:
Geruch, Geschmack, Gefühl.
Giftwirkung? (Gegengift?).
Sonstige physiologische Wirkungen.

XI. *Materialprüfung*:
Physikalische Prüfung.
Chemische Prüfung.
Technische Prüfung.

XII. *Technologisches*:
1. Haltbarkeit:
Wetter- und Lichtbeständigkeit, Frost- und Feuerbeständigkeit, Brennbarkeit, Schonungs- und Vorsichtsmaßregeln bei Aufbewahrung oder Gebrauch (Konservieren), Grenzen der Brauchbarkeit bzw. Unbrauchbarkeit.
2. Bearbeitbarkeit:
a) Zwecks Herstellung der äußeren Form: Gießen, Formen, Pressen, Kneten, Prägen, Schmieden, Walzen, Drahtziehen, Sägen, Schneiden, Hobeln, Fräsen, Drehen, Raspeln, Bohren, Spinnen, Zwirnen, Stricken, Weben, Wirken usw.
b) Zwecks Zusammenfügen verschiedener Teile: Löten, Schweissen, Kitten, Leimen.
c) Oberflächenbehandlung: Feilen, Schleifen, Polieren, Glasieren, Emaillieren, Härten, Metallüberzüge (Vergolden usw.).
Chem. Metallbearbeitung (Brünnieren usw.).
Beizen, Ölen, Lackieren, Firnissen, Anstreichen, Bleichen, Färben usw.

d) Reinigen und Trocknen.
e) Ausbessern.

3. Verwendbarkeit:
a) Land- und Forstwirtschaft.
b) Bergbau.
c) Chemische Industrie: aa) Anorganisch, bb) Organ.
d) Ingenieuwesen.
e) Handwerk und Kleinindustrie.
f) Waffentechnik, Rettungswesen.
g) Handel und Verkehr (einschl. Buch- und Zeitungswesen).
h) Wissenschaftliche Technik (einschl. Heilkunde).
i) Künstlerische Technik.
k) Haushalt, Spiel, Sport.

Hauptverwendungen des Werkstoffes als solchen und zur Herstellung von Halb-, Zwischen- und Fertigwaren.

Ersatzstoffe, Nachahmungen und Fälschungen.

Dient als Ersatz für —, zur Nachahmung von —, zur Fälschung von —.

Verwertung von Abfällen, Nebenprodukte.

XIII. *Warenkunde*:
Warenkundliche Merkmale, Warenzeichen, Schutzmarken usw.
Bezeichnen und Markieren der Waren, Anbringen von Kennzeichen (mit Tinte, Farbe, durch Ätzen, Gravieren, Einpressen, Einschlagen, Gußform usw.).
Handelsformen.
Handelsmaße und -gewichte.
Üblichkeiten im Großhandel, im Kleinhandel.
Handelszentren.
Bezugsquellen.

XIV. *Volkswirtschaftliches, Wirtschaftsgeographisches*:
Herkunft, Lagerstätten.
Weltproduktion, Einzelproduktion, Preise.
(Kriegswirtschaftliches.)

XV. *Kurze Zusammenfassung der technischen, wirtschaftlichen* (auch der ästhetischen, künstlerischen, kulturellen) *Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden.*

XVI. *Literatur* (für größere Artikel getrennt in):
Allgemeines.
Zeitschriften.
Besondere Hinweise.

E. Groschuff.

Abkürzungen im Text

a) Maße

Raum: Kilometer = km, Meter = m, Zentimeter = cm, Millimeter = mm, Mikron = μ.
Quadratkilometer = qkm usw.
Kubikmeter = cbm, Kubikzentimeter = ccm, Liter = L.
Zeit: Stunde = St. oder h, Minute = min, Sekunde = sec.
Gewicht: Tonne (1000 kg) = t, Kilogramm = kg, Gramm = g, Milligramm = mg.
Spezifisches Gewicht (spez. Gew.) = D (D_4^{20} bei 20° bezogen auf Wasser von 4°).
Wärme: Celsiusgrade = °, Kalorie (kleine) = cal, (große) = kcal.
Elektrizität: Ampère = amp, Volt = V, Ohm = Ω, Watt = W, Kilowatt = KW, Kilowattstunde = KWh.

b) Andere Abkürzungen

atm	= Atmosphäre	s.	= siehe
DD	= Dampfdichte	Schmp.	= Schmelzpunkt
DRP	= Deutsches Reichspatent	Sp.	= Siedepunkt
Gew.	= Gewicht	T.	= Gewichtsteil
Konz.	= konzentriert	Verb.	= Verbindung
%	= Prozent, %ig = prozentig	Vol.	= Volumen.

Abkürzungen in den Literaturangaben.

Abh. Eich. Kom.	Abhandlungen der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission.
Abh. Akad. Berl.	Abhandlungen der kgl. Akademie der Wissenschaften in Berlin.
Amer. chem. Journ.	American Chemical Journal.
Ann. chim. anal. appl.	Annales de Chimie analytique appliquée.
Ann. chim. phys.	Annales de Chimie et de Physique.
Ann. chimica appl.	Annali di Chimica applicata.
Ann. Phys.	Annalen der Physik.
Arch. néerl.	Archives néerlandaises de sciences exactes et naturelles.
Arch. Pharm.	Archiv der Pharmacie.
Baumat. Markt	Baumaterialienmarkt.
Beibl.	Beiblätter zu den Annalen der Physik.
Ber. chem. Ges.	Berichte der chemischen Gesellschaft.
Berg-hüttenm. Z.	Berg- u. hüttenmännische Zeitschrift.
Berl. Sitzber.	Sitzungsberichte der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.
Pat. Must. Zeichenw.	Blatt für Patent-, Muster- u. Zeichenwesen.
Bull. Bur. Stand.	Bulletin of the Bureau of Standards, Washington.
Bull. Soc. chim.	Bulletin de la Société chimique de France.
Bull. Soc. Encour.	Bulletin de la Société d'encouragement de l'industrie.
Bull. Soc. phys.	Bulletin de la Société francaise de physique.
Bull. U. S. Geol. Surv.	Bulletin of the United States Geological Survey.
Bull. Am. Min. Eng.	Bulletin of the American Institute of Mining Engineers.
Chem. News.	The Chemical News.
Chem. Ztg.	Chemikerzeitung.
Chem. Ind.	Die Chemische Industrie.
Chem. a. Drug.	Chemist and Druggist.
Compt. rend.	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences (Paris).
Dingl. Journ.	Dinglers polytechnisches Journal.
Elektrochem. Z.	Elektrochemische Zeitschrift.
Elektrotechn. Z.	Elektrotechnische Zeitschrift.
Färberztg.	Lehnes Färberzeitung.
Farbenztg.	Farbenzeitung.
Gaz. chim.	Gazzetta chimica Italiana.
J. Am. Chem. Soc.	Journal of the American Chemical Society.
J. Chem. Soc.	Journal of the Chemical Society, London.
J. Chim. phys.	Journal de Chimie physique.
J. prakt. Chem.	Journal of the Society of Chemical Industry, London.
Keram. Rdsch.	Keramische Rundschau.
Koll. Z.	Kolloid-Zeitschrift.
Lieb. Ann.	Annalen der Chemie (Liebig).
Mitt. Mat. Prüf.	Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt Gr.-Lichterfelde.
Monatschr. Text. Ind.	Leipziger Monatschrift für Textilindustrie.
Phil. Mag.	Philosophical Magazine.
Phil. Trans.	Philosophical Transactions of the Royal Society of London.
Physik. Z.	Physikalische Zeitschrift.
Rev. chim. pure appl.	Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rev. Mat. col.	Revue générale des matières colorantes.
Wied. Ann.	Wiedemanns Annalen der Physik.
Wiss. Abh. P. T. R.	Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-technischen Reichsanstalt.
Z. anal. Ch.	Zeitschrift für analytische Chemie.
Z. angew. Ch.	Zeitschrift für angewandte Chemie.
Z. anorgan. Ch.	Zeitschrift für anorganische Cdemie.
Z. El. Chem.	Zeitschrift für Elektrochemie.
Z. Schieß- u. Sprengw.	Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen.
Z. Kälteind.	Zeitschrift für die gesamte Kälteindustrie
Z. g. Text. Ind.	Zeitschrift für die gesamte Textilindustrie.
Z. physik. Ch.	Zeitschrift für physikalische Chemie.
Z. physiol. Ch.	Zeitschrift für physiologische Chemie.

A

Aalener Legierung s. Legierungen (Zink) VI.
Abdeckerfett s. Fette II D.
Abfallfette s. Fette II D.
Abrasit s. Aluminiumoxyd.
Abrolon s. Plastische Massen 4.
Abschwächer für Negative s. Kaliumpermanganat, Kaliumferrizyanid.
Abwässer s. Wasser XI.
Abwässerfett s. Fette II D.
Acagin s. Azetylen.
Acajoulack s. Farbstoffe I, 86.
Achantinußöl s. Fette II, B 2.
Achat s. Steine I, 1.
Achat, isländischer s. Steine I, 18.
Achrodextrin s. Stärke, 2; Kitte und Klebstoffe 2.
Achroit s. Steine I, 24.
Ackerdoppen s. Gerbstoffe 9.
Adeps lanae s. Fette II, C, 8.
Adhäsionsfette s. Fette I, 11.
Adilol s. Photogr. Mat. C, 15.
Adragantine, Adrugantine s. Stärke 2.
Adurol s. Photogr. Mat. C, 1.
Afridol s. Desinfektionsmittel 69.
Agalmatolith s. Steine I, 22; II, 6.
Agavenhanf s. Textilien unter Sisalhanf, Maguey.
Aegirin s. Steine II, B, 18b.
Algirzement s. Steine V, A, 6.
Agstein, Agtstein s. Steine I, q; Harze A, 3.
Ahorn s. Holz XII, 6.
Aichmetall s. Legierungen I b, 5.
Aixolin s. Fette II G.
Ajaxmetall s. Legierungen I a.
Akaroid, Akkaroid s. Harze A 1.
Akon s. Textilien A II a, 2; B III, 3; C II, 3.
Aktinolith s. Steine II B, 17 c.
Alabaster s. Steine II, X, 3.
Alabaster, ägyptischer, orientalischer s. Steine I, 19.
Alabaster, weiß s. Farbstoffe I, 34.
Alacet s. Ameisensäure, Verwendung.
Alaun s. Kaliumaluminiumsulfat.
Alaun, konz. s. Aluminiumsulfat.
Alaungips s. Steine III, 8 G u. V, A, 2.
Albargin s. Desinfektionsmittel 76.
Albertit s. Asphalt.
Albertole s. Harze A, 10, III; Plastische Massen 10 a.
Albit s. Steine II B, 7; Sprengstoffe V, 8 a.
Alboidin s. Photogr. Mat. F, 1.
Albolith s. Steine III, 10.
Albumat s. Photogr. Mat. F 1.
Albumin s. Eiweiß.
Albuminpapiere s. Photogr. Mat. F, 1.
Albumon s. ebenda.
Aldebaranium s. Seltene Erden.

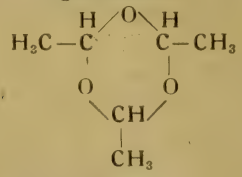
Aldehyde: franz.: aldéhydes; engl.: aldehydes.

Allgemeines: Die Aldehyde entstehen durch Oxydation der primären Alkohole. Sie haben die Strukturformel $R.C\begin{matrix}H\\O\end{matrix}$. Der Name Aldehyd ist zusammengezogen aus Al(kohol)-dehyd(rogenatus), Alkohol, dem Wasserstoff entzogen ist. Die einzelnen Glieder der Aldehydreihe werden nach den Säuren benannt, die daraus entstehen: H.COH = Formaldehyd (durch Oxydation in Ameisensäure H.COOH), CH_3.COH = Azetaldehyd (durch Oxydation in Essigsäure CH_3.COOH) usw. Die Aldehyde sind äußerst reaktionsfähige Körper. Durch Oxydation gehen sie in Fettsäuren über, durch Reduktion in Alkohole. Sie bilden sehr leicht Additionsverbindungen, indem die doppelte Bindung des Sauerstoffatoms in eine einfache umgewandelt wird. Man erhält z. B. durch Schütteln eines Aldehyds mit saurem Natriumsulfit in konz. Lösung gut kristallisierte Produkte, saure Sulfitverbindungen der Aldehyde von der allgemeinen Formel

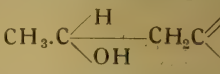
$$R.C\begin{matrix}OH\\OSO_2Na\end{matrix}$$
$$H$$

die bei Behandlung mit verdünnten Säuren oder Alkalien sehr leicht den Aldehyd zurückbilden. Diese Verbindungen sind

in Wasser leicht löslich, man benützt sie zur Reindarstellung der Aldehyde und zu deren Abscheidung aus Gemischen. Die Aldehyde addieren Ammoniak und bilden so Aldehydammoniak. Leitet man z. B. trockenes Ammoniak in eine ätherische Lösung von Azetaldehyd, so erhält man das Additionsprodukt nach der Gleichung $CH_3.COH + NH_3 = C_2H_4ONH_3$ in Form weißer Kristalle. Sie addieren ferner Wasserstoff und liefern so primäre Alkohole; Blausäure, was zur Bildung von Oxynitrilen und durch deren Verseifung zu Oxysäuren führt; Magnesiumhalogenalkyl, diese letzteren Additionsprodukte liefern bei der Zerlegung mit Wasser sekundäre Alkohole. Durch Phosphorpentachlorid wird das Sauerstoffatom der Aldehyde durch 2 Chloratome ersetzt. Mit Hydroxylamin liefern Aldehyde die sog. Aldoxime der allgemeinen Formel R.HC : NOH, aus denen durch Behandlung mit wasserentziehenden Mitteln die entsprechenden Nitrile $R.C \equiv N$ erhalten werden. Mit Phenylhydrazin geben die Aldehyde Hydrazone, die z. T. gut kristallisieren. Sie addieren ferner Säureanhydride. Unter Wasseraustritt vereinigen sie sich bei Anwesenheit einer Spur Salzsäure mit 2 Mol. Alkohol zu den sog. Azetalen, Flüssigkeiten von angenehmem Geruch. Eine wichtige Eigenschaft der Aldehyde ist ihre Neigung, Polymerisationsprodukte zu bilden, indem ihre Molekule Verbindungen untereinander eingehen. Wenn man z. B. Azetaldehyd mit einigen Tropfen konz. Schwefelsäure versetzt, so erwärmt sich die Flüssigkeit oft bis zum Sieden. Nach Beendigung der Reaktion hat man einen um etwa 100° höher siedenden Körper. Die empirische Formel des so entstandenen Paraldehyds, der nicht mehr die charakteristischen Eigenschaften der Aldehyde zeigt, ist dieselbe wie die des Azetaldehyds, sein Molekulargewicht ist aber das dreifache. Da durch Destillation mit verdünnter Schwefelsäure der Paraldehyd leicht wieder in den gewöhnlichen Aldehyd überzuführen ist, nimmt man keine Kohlenstoffbindung zwischen den drei Molekulen an, sondern formuliert folgendermaßen:



Kondensation der Aldehyde: Durch Behandeln mit verdünntem Alkali, unter der Einwirkung mäßig konz. Salzsäure oder beim Erhitzen mit Wasser und Chlorzink entstehen aus den Aldehyden Körper von derselben empirischen Zusammensetzung, aber der doppelten Molekularformel. Diese Körper führen den Namen Aldole. Entgegen dem oben erwähnten Polymerisationsprodukt, dem Paraldehyd, zeigen die Aldole die Eigenschaften der Aldehyde. Aus dem Aldol kann man den Aldehyd nicht mehr zurückbilden und man nimmt hier die Vereinigung der Aldehydmolekule durch Kohlenstoffbindung an:



Wie aus der Formel ersichtlich ist, ist das Aldol zugleich Alkohol und Aldehyd. Daher auch sein Name Ald(ehydalkoh)ol. Durch weitere Einwirkung von Alkalien oder direkt durch konz. Alkali geht das Aldol in Aldehydharz über. Erwärmt man z. B. Azetaldehyd mit konz. Alkali, so scheiden sich rotgelbe amorphe Massen von Aldehydharz ab. Diese Reaktion dient zur Erkennung von Azetaldehyd.

Eine wichtige Reaktion auf Aldehyde ist die Reduktion ammoniakalischer Silberlösung. Man versetzt zu diesem Zwecke eine Silbernitratlösung mit Alkali und soviel Ammoniak, bis der erst entstehende Niederschlag gerade gelöst ist. Gibt man nun eine wäßrige Aldehydlösung zu und erwärmt, so scheidet sich das Silber als prächtiger Metallspiegel an den Wandungen des Gefäßes ab.

1. Formaldehyd (Methanal, Formalin, Formol) H.COH. Darstellung: Der Formaldehyd entsteht durch Oxydation des Methylalkohols. Zur technischen Gewinnung leitet man dessen Dämpfe mit Luft gemischt über eine erhitzte Kupferspirale. Auch Platin oder Silber dienen in feinverteilter Form auf porösem Ton oder Asbest als Kontaktsubstanzen. Die Temperatur des Katalysators beträgt etwa 450°. Bei höherer Temperatur zersetzt sich der Aldehyd in Kohlenoxyd und Wasserstoff. (Einzelheiten über die technische Darstellung siehe[1])). Das Problem der rationellen Überführung von Methan, das ja in ungeheuren Mengen zur Verfügung steht und so ein billiges Ausgangsmaterial darstellen würde, in Formaldehyd ist für die Technik noch nicht gelöst. Man stellt Formaldehyd auch dar durch Reduktion von Ameisensäure, indem man diese in Dampfform mit Wasserstoff gemischt bei höherer Temperatur über gewisse Katalysatoren leitet. Der Rohformaldehyd, der noch viel Methylalkohol enthält, wird in Rektifizierapparaten gereinigt und konzentriert.

Eigenschaften: Formaldehyd ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das man

durch starke Abkühlung zu einer wasserhellen, farblosen Flüssigkeit verdichten kann. Bei — 92° wird die Flüssigkeit fest, ihr Sdp. ist — 21°, das spez. Gew. bei dieser Temperatur beträgt 0,8153. Von Wasser wird Formaldehyd bis zu 52,5% absorbiert, bei weiterer Konzentration scheiden sich feste Polymerisationsprodukte aus. Die Lösung enthält neben dem monomolekularen Formaldehyd hydratisierte Molekule, sie ist nur beschränkt haltbar und polymerisiert sich allmählich. Infolge der Anwesenheit von Hydraten kann man den Formaldehyd aus seiner wäßrigen Lösung auf einfachem Wege nicht vollständig austreiben. Die spez. Gewichte rein wäßriger Formaldehydlösungen betragen bei 18° ± 0,05° bezogen auf Wasser von 4° [2]):

g CH_2O in 100 ccm Lösung	g CH_2O in 100 g Lösung	spez. Gew.
2,24	2,23	1,0054
4,66	4,60	1,0126
11,08	10,74	1,0311
14,15	13,59	1,0410
19,89	18,82	1,0568
25,44	23,73	1,0719
30,17	27,80	1,0853
37,72	34,11	1,1057
41,87	37,53	1,1158

Man unterscheidet 6 Polymerisationsprodukte des Formaldehyds. Beim Eindampfen von Formaldehydlösung scheiden sich weiße, flockige, amorphe Massen von Paraformaldehyd aus, der mindestens die dreifache Molekulargröße des Formaldehyds besitzt. Er ist in warmem Wasser löslich, Schmp. 150—160°. Durch Behandeln von Formaldehydlösung mit Schwefelsäure erhält man kristallinisches Polyoxymethylen, das in 4 Modifikationen auftritt. Diese unterscheiden sich durch ihre Wasserlöslichkeit, ihr Kristallisationsvermögen und ihren Schmp., der zwischen 163 und 170° liegt. In Alkohol und Äther sind sie fast unlöslich. Beim Erwärmen oder Auflösen bilden die polymeren Modifikationen leicht wieder den monomolekularen Formaldehyd zurück. Die Molekulargrößen des Paraformaldehyds sowie der 4 Modifikationen des Polyoxymethylens sind noch nicht genau bekannt, jedenfalls haben sie die Zusammensetzung $(CH_2O)_n$. Durch Sublimieren von Polyoxymethylen erhält man unter gewissen Bedingungen das gut kristallisierte α-Trioxymethylen von der Konstitution

$$\begin{array}{l} CH_2 - O - CH_2 \\ | \qquad\quad | \\ O - - - CH_2 - O \end{array}$$

. Es schmilzt bei 63 bis 64°, sublimiert in Nadeln und ist leicht löslich in Wasser, Alkohol und Äther.

Mit schwachen Alkalien erhält man ein zuckerähnliches Kondensationsprodukt von der Zusammensetzung $C_6H_{12}O_6$. Mit konz. Alkali verharzt Formaldehyd nicht, sondern gibt Methylalkohol und Ameisensäure.

Mit Ammoniak liefert Formaldehyd keinen Aldehydammoniak, sondern Hexamethylentetramin $C_6H_{12}N_4$, eine kristallinische, in Wasser leicht lösliche Base, die unter dem Namen Urotropin in der Medizin als harnsäurelösendes Mittel Verwendung findet. Mit 2 Molekulen Methylalkohol bildet der Formaldehyd unter Wasseraustritt ein Azetal (s. o.), das sog. Methylal $CH_2(OCH_3)_2$. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei 41,5° siedet. Gegen Alkalien ist sie beständig, von Säuren wird sie in Formaldehyd und Methylalkohol zerlegt. Methylal dient in der Medizin wie alle Azetale zur Erzeugung von Schlaf und Anästhesie. Der Formaldehyd ist in alkalischer Lösung ein energisches Reduktionsmittel. Er scheidet z. B. aus einer ammoniakalischen Silbernitratlösung metallisches Silber aus.

Die im Handel als Formalin (Schering) oder Formol (Farbwerke Höchst) vorkommende stechend riechende wäßrige Lösung von 40 Vol. % (= 36 Gew. %) Formaldehyd enthält neben 52% Wasser etwa 12% Methylalkohol. Das spez. Gew. der Handelsware schwankt zwischen 1,08 und 1,095. Feste Produkte des Formaldehyds sind hauptsächlich in Gestalt seiner polymeren Verbindungen als Paraformaldehyd, Paraform, Triformol im Handel. Aber auch ohne Polymerisation sind feste Produkte, die also den Aldehyd in einfach-molekularer Form enthalten, erhältlich. So kann man ein solches durch Mischen von Formaldehyd mit 2% Seife darstellen. Es kommt als Festoform in den Handel [3]). Nach dem DRP. 155567 erhält man feste, pulverisierbare, wasserlösliche Verbindungen mit 30—50% Formaldehyd aus Formaldehyd und Dextrin.

Prüfung: Beim Erwärmen von Formaldehyd mit ammoniakalischer Silberlösung bildet sich ein Silberspiegel. Mit wäßriger Anilinlösung entsteht nach der Neutralisation je nach der Menge des Aldehyds ein Niederschlag oder nur eine Trübung (oft erst nach einigen Tagen) von Anhydroformaldehydanilin. Beim Kochen einer Aldehydlösung mit Resorcinnatriumlösung von 40—50% NaOH und 5% Resorcin tritt Rötung ein. Eine Lösung von Karbazol in konz. Schwefelsäure erzeugt eine tiefblaue Färbung. Zur quantitativen

Bestimmung von Formaldehyd gibt es zahlreiche Methoden. Ein bequemes Verfahren besteht in der Oxydation des Formaldehyds mit Wasserstoffsuperoxyd in alkalischer Lösung[4]) zu Ameisensäure. Die überschüssige Lauge titriert man mit Schwefelsäure zurück. Bei verdünnten Lösungen benutzt man zweckmäßig die jodometrische Methode[5]).

Eine andere Methode gründet sich auf die Überführung des Formaldehyds in Hexamethylentetramin, eine weitere auf die Abscheidung von metallischem Silber aus alkalischer Silbernitratlösung; auch die Bildung der Bisulfitverbindung des Formaldehyds kann zu seiner Bestimmung verwendet werden. Zur Bestimmung des Methylalkohols versetzt man den Formaldehyd mit überschüssigem Ammoniak und destilliert. Man säuert das Destillat mit Essigsäure an und bestimmt in einem aliquoten Teil den Methylalkohol nach dem Jodidverfahren[6]). Für die rasche Bestimmung eignet sich folgendes Verfahren: 1 g der Formaldehydlösung wird in ein Gemisch von 50 ccm doppeltnormaler Chromsäurelösung (66,86 g Chromsäure im Liter) und 20 ccm reiner konz. Schwefelsäure von 98% eingetragen. Nach etwa 12 Stunden wird die Flüssigkeit zu 1 L verdünnt. Hierauf werden 50 ccm der verdünnten Lösung mit einem Körnchen Kaliumjodid versetzt und mit $^1/_{10}$ n Thiosulfatlösung zurücktitriert. Die zu untersuchende Lösung darf nur Formaldehyd, Methylalkohol und Wasser (evtl. Spuren von Ameisensäure) enthalten[7]).

In Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, Berlin 1911, 6. Aufl., Bd. 4, S. 650—672 sind zahlreiche Verfahren zum Nachweis von Formaldehyd sowie zur quantitativen Bestimmung des Formaldehyds und des Methylalkohols im Formaldehyd beschrieben.

Verwendung: Der Formaldehyd findet in seiner Eigenschaft als Desinfektionsmittel (s. d.) die weitgehendste Verwendung.

Wichtig ist ferner die Verwendung des Formaldehyds als Härtungsmittel für Eiweißprodukte. Durch Einwirken auf Kasein erzeugt man z. B. das Galalith oder Kunsthorn. Durch Einwirkung auf Gelatine erzeugt man photographische Films. In der Photographie wird er auch zum Härten von Platten verwendet. Als Härtungsmittel für Gelatine wird Formaldehyd in der Kattundruckerei gebraucht. Wegen seiner Fähigkeit Eiweiß, Gelatine usw. in unlösliche Formen überzuführen, macht man von ihm in der Papier- und Tapetenindustrie Gebrauch. Unter dem Namen Glutol oder Glutoform kommt eine Formaldehydgelatine in Form von Streupulver als Wundheilmittel in den Handel. Zum Festmachen von Petroleum verwendet man nach DRP. 176366 in Wasser gequellten oder gelösten Leim und härtet die Leim-Petroleumemulsion mit Formaldehyd. In der Kunstseidefabrikation wird Formaldehyd gebraucht, um die besonders in feuchtem Zustand sehr brüchigen Fäden widerstandsfähiger und alkalibeständig zu machen. Ein weiteres Verwendungsgebiet des Formaldehyds ist die Gerberei. Man läßt den Formaldehyd in alkalischer oder saurer Lösung auf die Häute einwirken (s. Leder). Man wendet auch das Chrom- und das Aldehydgerbverfahren kombiniert an. Auch behandelt man die Häute zur Gerbung mit Formaldehyd in Verbindung mit α- oder β-Naphtol oder p-Phenolsulfosäure[8]).

Formaldehydbisulfit wird in der Photographie gebraucht. In der Färberei dient Formaldehyd zum Nachbehandeln der gefärbten Faser, um die Echtheit gewisser Färbungen zu erhöhen. Von großer Bedeutung in der Färberei und im Zeugdruck sind die Formaldehydverbindungen des Hydrosulfits geworden (s. Natriumhydrosulfit).

Durch seine große Reaktions- und Kondensationsfähigkeit spielt der Formaldehyd in der organischen Synthese eine wichtige Rolle. Erwähnt sei hier nur seine große Bedeutung in der Teerfarbenindustrie zur Herstellung des Parafuchsins nach dem Neufuchsinverfahren. Durch Kondensation mit m-Toluylendiamin entsteht das Acridingelb, mit Dimethyl-m-aminophenol das Pyronin.

Von großer Bedeutung sind endlich die Kondensationsprodukte des Formaldehyds mit Phenol zur Erzeugung von Kunstharzen (s. d.), Schellackersatzprodukten, die unter den verschiedensten Namen im Handel sind und sich durch große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien auszeichnen und vorzügliche Isolatoren für Wärme und Elektrizität sind. Sie lassen sich leicht bearbeiten, färben, bohren, polieren und haben die verschiedensten Anwendungsgebiete.

Preise:

	kg	100 kg
Formaldehyd Lösung D. A. B. 5 (etwa 35 Gew.-%)	1,—	87,— M.
techn. (etwa 40 Vol.-%)	1,—	87,— „
„ (etwa 40 Gew.-%)	1,05	92,— „
Paraformaldehyd (Trioxymethylen)	4,40	415,— „

Bezugsquellen: Chem. Fabrik von Heyden, Radebeul; Fauth & Co., Mannheim; Hartmann & Hauers GmbH., Hannover; Dr. Hauser & Co., Cöln a. Rh.; Holzverkohlungsindustrie AG., Konstanz; Dr. Heinr. Koenig & Co., Leipzig-Plagwitz; Verein f. chem. Industrie, Frankfurt a. M.;

C. A. F. Kahlbaum, Chem. Fabrik Adlershof b. Berlin; E. Merck, Darmstadt; Chem. Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin N.

Literatur:

A. Allgemeines.

O. Heß, Der Formaldehyd, Marburg 1901.
J. E. Orloff, Formaldehyd, Leipzig 1909.
E. Plaschke, Über die Umwandlung des Methylalkohols in Formaldehyd nach dem Kontaktverfahren. Diss. Leipzig 1909.

B. Besondere Hinweise.

1. Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie **5**, 578ff.
2. Lunge-Berl, 6. Aufl., **4**, 651
3. DRP. 163323.
4. Ber. chem. Ges. **21**, 2979 (1898) und Z. anal. Ch. **44**, 13 (1905).
5. Z. anal. Ch. **36**, 18 (1897) und **44**, 13 (1905).
6. Z. anal. Ch. **43**, 387 (1904).
7. Ber. chem. Ges. **39**, 1326 (1906); Fischer, Jahresber. **1906, II**, 6.
8. DRP. 184449 und 260379.

2. Azetaldehyd (Äthanal) $CH_3.COH$.

Darstellung: Der Azetaldehyd wird nach verschiedenen Verfahren hergestellt.

Der Aldehyd wurde in der Technik lange Zeit durch fraktionierte Destillation aus dem Vorlauf der Spiritusfabriken, in welchen er durch Autoxydation entsteht, gewonnen. Ein großer Teil des Azetaldehyds wird als Nebenprodukt bei der Rektifikation der Vorläufe der Holzdestillate erhalten. Azetaldehyd wurde früher durch Oxydation von Äthylalkohol mit Kaliumbichromat und Schwefelsäure hergestellt. Heute gewinnt man ihn durch Überleiten von Äthylalkoholdämpfen, die mit Luft gemengt sind, über erhitzte Metalle, die als Katalysatoren dienen. Die Dämpfe werden durch Kühlung verdichtet. Das Destillat ist ein Gemisch von Alkohol, Aldehyd und Azetal, aus dem der Azetaldehyd durch Überführung in Aldehydammoniak in reinem Zustand gewonnen wird. Neuerdings stellt man Azetaldehyd auch aus Azetylen her[1]). Man leitet z. B. Azetylen in heiße verdünnte Schwefelsäure, welche Quecksilberoxyd enthält, ein, wobei gleichzeitig der Aldehyd abdestilliert. Man erhält so ein sehr reines Produkt[2]).

Eigenschaften: Der Azetaldehyd ist eine farblose, leicht entzündliche, ätherartig erstickend riechende Flüssigkeit vom spez. Gew. 0,801 (bei 0°), dem Sdp. 21° und dem Schmp. — 120,6°. Er ist mit Wasser, Alkohol und Äther mischbar. Durch Oxydation an der Luft (besonders bei Anwendung von Katalysatoren wie Eisenoxydul-oxyd, Manganverbindungen), schneller durch Oxydationsmittel wie Chromsäure, geht er in Essigsäure über. Versetzt man Azetaldehyd mit etwas konz. Schwefelsäure, so polymerisiert er sich sehr leicht zu Paraldehyd $(CH_3COH)_3$. Wenn man nach beendigter Reaktion die Säure genau neutralisiert, so kann man das Polymerisationsprodukt durch Fraktionieren vom Aldehyd trennen. Paraldehyd ist eine ätherisch riechende, farblose Flüssigkeit, die in der Kälte erstarrt und bei 10,5° schmilzt. Ihr Sdp. liegt bei 124°. Das spez. Gew. ist 0,998. Sie ist leicht löslich in Alkohol und Äther, schwerer in Wasser. Um polymerisierten Azetaldehyd wieder zu depolymerisieren, destilliert man ihn mit verdünnter Schwefelsäure, wobei der gebildete Azetaldehyd übergeht. Versetzt man Azetaldehyd in der Kälte mit verdünnter Schwefelsäure, Chlorwasserstoffgas oder schwefliger Säure und kühlt stark ab, so kristallisiert Metaldehyd in Nadeln aus, der wahrscheinlich ein Stereoisomeres des Paraldehyds ist. Metaldehyd sublimiert bei 112—113° ohne zu schmelzen. Bei steigender Temperatur bildet sich wieder Paraldehyd. Je nach den Umständen, wobei vor allem die Temperatur eine große Rolle spielt, herrscht also in dem System

Paraldehyd $\rightleftarrows$ Azetaldehyd $\rightleftarrows$ Metaldehyd

das eine oder das andere Polymere vor. Der Azetaldehyd gibt im übrigen alle typischen Aldehydreaktionen, die eingangs erwähnt wurden. Hier sei nur noch besonders das Azetal erwähnt, das durch Vereinigung des Aldehyds mit 2 Mol. Äthylalkohol entsteht: $CH_3\text{-}CH(OC_2H_5)_2$. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei 102,2° siedet. Gegen Alkalien ist es beständig, durch Säuren wird es in seine Komponenten gespalten. Es dient als Schlafmittel und Anästhetikum.

In alkalischer Lösung ist Azetaldehyd wie Formaldehyd ein energisches Reduktionsmittel und scheidet z. B. aus ammoniakalischer Silberlösung das Silber ab.

Prüfung: Zum Nachweis von Azetaldehyd dient vor allem die Harzbildung beim Erhitzen mit konz. Natronlauge, die eingangs erwähnt worden ist, und die Silberspiegelprobe. Versetzt man 10 ccm Nitroprussidnatriumlösung mit 2—3 Tropfen Piperidin und einigen Tropfen Azetaldehyd, so tritt intensive Blaufärbung ein (Formaldehyd gibt diese Reaktion nicht).

Die gewöhnlichen Handelssorten des Aldehyds bestehen zu 60—80% aus Azetaldehyd, die geringeren Fabrikate enthalten immer Alkohol, auch Azetal und Paraldehyd; der reinste Aldehyd des Handels enthält 95—98% Azetaldehyd. Nachweis von Salzsäure und Chloriden:

Azetaldehyd darf durch Silbernitratlösung nicht sofort verändert werden. Säure: Ein guter Aldehyd soll nicht mehr als 0,06 g Essigsäure in 100 ccm enthalten. Löst man 20 ccm Aldehyd in 100 ccm Wasser auf und setzt 2 ccm n-NaOH zu, so muß die Lösung auf Zusatz von Phenolphthalein rot gefärbt werden.

Die Prüfung von Paraldehyd richtet sich nach den Vorschriften des DAB. 5.

Zur quantitativen Bestimmung des Azetaldehyds gibt es verschiedene Methoden[3]). In ein 100-ccm-Meßkölbchen gibt man etwa 20 ccm gut gekühltes Wasser, tariert auf der analytischen Wage und fügt ungefähr 5 g Azetaldehyd (genau gewogen) hinzu. Man füllt mit Wasser bis zur Marke auf, schüttelt um und bringt 10 ccm der Mischung in eine Glasstöpselflasche von 500 ccm Rauminhalt, die etwa 350 ccm Wasser und 30 ccm n-Kalilauge enthält. Nach Zusetzen von 10 ccm 30%igem Wasserstoffsuperoxyd und vorsichtigem Umschütteln läßt man die Mischung über Nacht stehen und titriert sodann mit n-Salzsäure unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator. (Außerdem ist die Azidität des untersuchten Aldehyds zu ermitteln und in Rechnung zu setzen. Man läßt zu diesem Zwecke 10 g Aldehyd in 50 ccm Wasser einfließen und titriert mit n-Kalilauge.) 1 ccm KOH entspr. 0,04403 g Aldehyd.

Seyewetz und Bardin[4]) geben eine Methode an, die sich auf die Umsetzung von Azetaldehyd mit Natriumsulfit gründet nach der Gleichung:

$$3Na_2SO_3 + H_2SO_4 + 2CH_3COH = (SO_3HNa + CH_3COH)_2 + Na_2SO_4.$$

Diese Methode ist auch bei Gegenwart von Alkohol, Azetal und Paraldehyd ausführbar.

Verwendung: Azetaldehyd wird als Reduktionsmittel in der Silberspiegelfabrikation gebraucht und in der organischen Synthese verwendet. Der Paraldehyd dient zur Darstellung von Chinaldin und in der Medizin als Schlafmittel.

Preise:

	kg
Azetaldehyd 50%	M. 1,30
„ 75%	„ 2,—
„ 95%	„ 2,30
Paraldehyd DAB. 5 100 g	—,55; „ 4,—

Bezugsquellen: Holzverkohlungsindustrie AG. Konstanz; Dr. Alex. Wacker, Ges. für elektrochem. Industrie, München; E. de Haen, Chem. Fabrik „List", Seelze b. Hannover; C. A. F. Kahlbaum, Chem. Fabrik Adlershof b. Berlin; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

1. DRP. 250356 und Zusatz-DRP. 253702, 253708, 267260 und 270049.
2. Vgl. auch F. P. 425057, 455370 und 460553.
3. Vgl. Lunge-Berl, 6. Aufl., **3**, 920ff.
4. Chem. Ztg. 29 Rep. 278, 1905.

3. Benzaldehyd (Bittermandelöl) $C_6H_5.COH$.

Vorkommen: Der Benzaldehyd kommt in Verbindung mit Blausäure und Traubenzucker in dem Amygdalin der bitteren Mandeln vor, denen er ihren bitteren Geschmack verleiht, daher auch seine Bezeichnung als Bittermandelöl.

Darstellung: Der Benzaldehyd entsteht durch Oxydation des Benzylalkohols. In der Technik geht man vom Benzalchlorid oder von dem durch fortgesetzte Chlorierung des Toluols entstehenden Gemisch von Benzalchlorid und Benzotrichlorid aus und behandelt mit Kalkmilch unter Druck oder mit Wasser unter Zusatz von Katalysatoren (z. B. fein verteiltem Eisen DRP. 82927) in offenen Gefäßen. Der rohe Benzaldehyd wird über die Bisulfitverbindung gereinigt. Man stellt Benzaldehyd auch dar durch Oxydation von Toluol mit Mangansuperoxyd und Schwefelsäure und erhält so ein völlig chlorfreies Produkt.

Eigenschaften: Benzaldehyd ist eine aromatisch riechende, stark lichtbrechende Flüssigkeit vom Sdp. 179°, Schmp. 26°. Sein spez. Gew. beträgt bei 15° 1,0504. In Wasser ist er wenig löslich (etwa 1:300), leicht löslich in Alkohol, Äther, Benzol und anderen organischen Lösungsmitteln. Er wird durch den Sauerstoff der Luft leicht zu Benzoesäure oxydiert und zeigt die meisten Eigenschaften der aliphatischen Aldehyde. Er gibt z. B. mit Natriumbisulfit ein kristallinisches Additionsprodukt, addiert Wasserstoff und Blausäure, bildet ein Oxim, ein Phenylhydrazon, reduziert ammoniakalische Silberlösung usw. Hingegen bildet er mit Ammoniak kein einfaches Additionsprodukt, sondern es entsteht durch Vereinigung von 3 Mol. Benzaldehyd und 2 Mol. Ammoniak unter Wasseraustritt Hydrobenzamid $(C_6H_5CH)_3N_2$. Mit alkoholischem Kali entstehen aus Benzaldehyd Benzoesäure und Benzylalkohol, das eine Molekul wird also oxydiert, während das andere reduziert wird. Dieses Verhalten gegen alkoholisches Kali ist für aromatische Aldehyde charakteristisch. Formaldehyd verhält sich übrigens, wie oben gezeigt, gegen Kali ebenso. Die aromatischen Aldehyde kondensieren sich leicht mit primären, sekundären und tertiären aromatischen Aminen oder mit Phenolen zu Triphenylmethanderivaten, die für die Farbenindustrie von größter Bedeutung sind.

Prüfung vgl. Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungen, Berlin 1911, 6. Aufl. Bd. 3, S. 938.

Verwendung: Der Benzaldehyd wird zur Darstellung von Triphenylmethanfarbstoffen verwendet. Durch Kondensation mit Dimethylanilin z. B. bildet sich Tetramethyldiaminotriphenylmethan, das durch Oxydation zum Malachitgrün führt. Er dient ferner zur Darstellung von Acridinfarbstoffen, z. B. des Benzoflavins, durch Kondensation mit 2 Mol. m-Toluylendiamin. Benzaldehyd wird auch in der Parfümerie verwendet, hier aber vielfach durch das ähnlich riechende Nitrobenzol verfälscht bzw. ersetzt.

Die Derivate des Benzaldehyds spielen z. T. eine große Rolle in der Technik. Der o-Chlorbenzaldehyd wird in der Farbstoffindustrie gebraucht. Der o-Nitrobenzaldehyd diente früher zur Herstellung von Indigo, heute stellt man daraus noch das Indigosalz (Kalle) her, es ist o-Nitrophenylmilchsäuremethylketon. Das m-Nitroprodukt dient zur Darstellung von Triphenylmethanfarbstoffen und zur Gewinnung von m-Oxybenzaldehyd. Der p-Aminobenzaldehyd sowie der p-Dimethylaminobenzaldehyd dienen zur Herstellung von Triphenylmethanfarbstoffen. Der o-Oxybenzaldehyd (Salizylaldehyd) geht durch Oxydation in Salizylsäure über. Er dient zur Herstellung von Kumarin und von Farbstoffen. Der m-Oxybenzaldehyd führt durch Kondensation mit sekundären und tertiären aromatischen Aminen und ihren Sulfonsäuren zu den Farbstoffen der Patentblaugruppe.

Preise: Benzaldehyd	100 g	1 kg	100 kg
DAB. 5	—,55	3,80 M.	—
techn. aus Toluol	—	3,20	300 M.
chem. rein	—,70	5,— „	—

Bezugsquellen: Schimmel & Co., Leipzig-Miltitz; Dr. Oehler & Co., Kahl a. Main; E. Merck, Darmstadt; C. A. F. Kahlbaum, Chem. Fabrik Adlershof b. Berlin; Nitrobenzaldehyd: Kalle & Co., Biebrich a. Rh.

H. Schladebach.

Aldole s. Aldehyde.
Aldoxime s. Aldehyde.
Alfenide s. Legierungen II.
Alformin s. Aluminiumformiat.
Algarobilla s. Gerbstoffe 30.
Algarotpulver s. Farbstoffe I, 1.
Algobastkorksteine s. Steine III, 12.
Algolfarbstoffe s. Farbstoffe III.
Alizarin s. Farbstoffe I, 49; III.
Alkalialuminiumkarbonat s. Aluminiumhydroxyd.
Alkalsit s. Sprengstoffe V, 8 b.

Alkohol, Äthylalkohol, Aethanol, Weingeist, Spiritus, Sprit, Branntwein; lat.: Alcohol; frz.: alcool ordinaire, alcool éthylique oder ethanol; engl.: ethylalcohol, spirit.

Chemische Zusammensetzung: C_2H_5OH. Mol.-Gew. 46,1. C: 52,17%, H: 13,05%, O: 34,78%.

In reinem und wasserfreiem Zustande: farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit von angenehmem Geruch und scharf brennendem Geschmack. Spez. Gew. $D_0 = 0{,}806$, $D_{20} = 0{,}789$. Siedepunkt bei 760 mm 78,3° C. Bei starker Abkühlung wird er dickflüssig. Erstarrungsp: — 112° C. Bildungswärme (gasförmig): + 59,8 kcal, (flüssig): + 69,9 kcal, (gelöst): + 72,4 kcal. Verbrennungswärme für 1 kg: 7100 kcal. Brechungsexponent bei 20° C μ: 1,35960. Molekularrefraktion: $P.\frac{n-1}{d} = 20{,}6$. Dielektrizitätskonstante D = 26,49; für Alkoholdampf: 1,00647. Alkohol ist stark hygroskopisch und mit Wasser in jedem Verhältnisse mischbar, wobei unter Erwärmung Kontraktion stattfindet, die am stärksten ist beim Mischen von 1 Mol. Alkohol mit 3 Mol. Wasser oder von 52 Vol. Alkohol mit 48 Vol. Wasser. Bei 20° C beträgt dann das Volumen anstatt 100 nur noch 96,3.

Mischungswärme von Alkohol und Wasser (Dupré und Page).

Wasser	Gew.-Teile Alkohol	bei 0° C kcal	bei 17° C kcal	bei 29° C kcal
10	90	+0,18	+0,15	
20	80	0,33	0,25	
40	60	0,71	0,54	
50	50	0,90	0,71	
60	40	1,10	0,90	
70	30	1,10	0,96	0,69
90	10	0,64	0,53	0,43

Volumgewicht und Gehalt in Volumprozenten eines wäßrigen Alkohols bei 15,55° C (Wasser = 0,9991) nach Tralles.

Vol.-Proz. Alkohol	Vol.-Gew.	Vol.-Proz. Alkohol	Vol.-Gew.
1	0,9976	51	0,9315
2	0,9961	52	0,9295
3	0,9947	53	0,9275
4	0,9933	54	0,9254
5	0,9919	55	0,9234
6	0,9906	56	0,9213
7	0,9893	57	0,9192
8	0,9881	58	0,9170
9	0,9869	59	0,9148
10	0,9857	60	0,9126

Vol.-Proz. Alkohol	Vol.-Gew.	Vol.-Proz. Alkohol	Vol.-Gew.
11	0,9845	61	0,9104
12	0,9834	62	0,9082
13	0,9823	63	0,9059
14	0,9812	64	0,9036
15	0,9802	65	0,9013
16	0,9791	66	0,8989
17	0,9787	67	0,8965
18	0,9771	68	0,8941
19	0,9761	69	0,8917
20	0,9751	70	0,8892
21	0,9741	71	0,8867
22	0,9731	72	0,8842
23	0,9720	73	0,8817
24	0,9710	74	0,8791
25	0,9700	75	0,8765
26	0,9689	76	0,8739
27	0,9679	77	0,8712
28	0,9668	78	0,8685
29	0,9657	79	0,8658
30	0,9646	80	0,8631
31	0,9634	81	0,8603
32	0,9622	82	0,8575
33	0,9609	83	0,8547
34	0,9596	84	0,8518
35	0,9583	85	0,8488
36	0,9570	86	0,8458
37	0,9559	87	0,8428
38	0,9541	88	0,8397
39	0,9526	89	0,8365
40	0,9510	90	0,8332
41	0,9494	91	0,8299
42	0,9478	92	0,8265
43	0,9461	93	0,8230
44	0,9444	94	0,8194
45	0,9427	95	0,8157
46	0,9409	96	0,8118
47	0,0391	97	0,8077
48	0,9373	98	0,8034
49	0,9354	99	0,7988
50	0,9335	100	0,7939

Volumgewichte und Gehalt in Gewichtsprozenten eines wäßrigen Alkohols bei 15,55° C (nach Fownes).

Vol.-Gew.	Gew.-Proz. Alkohol	Vol.-Gew.	Gew.-Proz. Alkohol
0,9991	0,5	0,9160	51
0,9981	1	0,9135	52
0,9965	2	0,9113	53
0,9947	3	0,9090	54
0,9930	4	0,9069	55
0,9914	5	0,9047	56
0,9898	6	0,9025	57
0,9884	7	0,9001	58
0,9869	8	0,8979	59
0,9855	9	0,8956	60
0,9841	10	0,8932	61
0,9828	11	0,8908	62
0,9815	12	0,8886	63
0,9802	13	0,8863	64
0,9789	14	0,8840	65
0,9778	15	0,8816	66
0,9766	16	0,8793	67
0,9753	17	0,8769	68
0,9741	18	0,8745	69
0,9728	19	0,8721	70
0,9716	20	0,8696	71
0,9704	21	0,8672	72
0,9691	22	0,8649	73
0,9678	23	0,8625	74
0,9665	24	0,8603	75
0,9652	25	0,8581	76
0,9638	26	0,8557	77
0,9623	27	0,8533	78
0,9609	28	0,8508	79
0,9593	29	0,8483	80
0,9578	30	0,8459	81
0,9560	31	0,8434	82
0,9544	32	0,8408	83
0,9528	33	0,8382	84
0,9511	34	0,8357	85
0,9490	35	0,8331	86
0,9470	36	0,8305	87
0,9452	37	0,8279	88
0,9434	38	0,8254	89
0,9416	39	0,8228	90
0,9396	40	0,8199	91
0,9376	41	0,8172	92
0,9356	42	0,8145	93
0,9335	43	0,8118	94
0,9314	44	0,8089	95
0,9292	45	0,8061	96
0,9270	46	0,8031	97
0,9249	47	0,8001	98
0,9228	48	0,7969	99
0,9206	49	0,7938	100
0,9184	50		

Alkohol ist mit Äther leicht und in jedem Verhältnisse mischbar.

Gemische von Alkohol von Vol.-Gew. 0,809 und Äther.

Alkohol Proz.	Vol.-Gew.	Alkohol Proz.	Vol.-Gew.
0	0,729	60	0,779
10	0,737	70	0,786
20	0,747	80	0,798
30	0,756	90	0,801
40	0,765	100	0,809
50	0,772		(Gew.-Proz.)

Verdampfungswärme von Äthylalkohol bei verschiedenen Temperaturen:

Verdampfungstemperatur	Verdampfungswärme für 1 kg kcal	Verdampfungswärme für 1 g-Mol kcal
0°	236,5	10,88
20°	252 [1])	11,6
50°	264 [1])	12,1
100°	267,3 [1])	11,7
150°	285,3 [1])	12,3
78°	206,4	9,5
77,9	202,4	9,31

[1]) Totale Verdampfungswärme.

Dampfspannung von Äthylalkohol in mm Quecksilber bei verschiedenen Temperaturen:

Temperatur	Dampfspannung	Temperatur	Dampfspannung
—20° C	3,3	120° C	3 223
—10° „	6,5	130° „	4 320
0° „	12,2	140° „	5 666
10° „	23,8	150° „	7 326
20° „	44,0	160° „	9 366
30° „	78,1	170° „	11 856
40° „	133,4	180° „	14 763
50° „	219,8	190° „	18 178
60° „	350,2	200° „	22 164
70° „	540,9	210° „	26 821
80° „	811,8	220° „	32 097
90° „	1186,5	230° „	38 176
100° „	1692,3	240° „	45 504
110° „	2359,8		

Siedepunkte von Mischungen von Äthylalkohol und Wasser bei 760 mm Druck (W. A. Noyes und R. R. Warfel).

Proz. Alkohol	Siedepunkt Grade	Proz. Alkohol	Siedepunkt Grade
100,0	78,30	78,0	79,21
99,5	78,27	77,0	79,35
99,0	78,24	76,0	79,40
98,5	78,22	75,0	79,51
98,0	78,21	73,0	79,68
97,5	78,19	71,0	79,86
97,0	78,18	69,0	80,04
96,5	78,18	67,0	80,24
96,0	78,17	65,0	80,44
95,5	78,18	63,0	80,64
95,0	78,18	55,0	81,77
94,5	78,19	48,0	82,43
94,0	78,20	37,0	83,76
93,5	78,21	35,0	83,87
93,0	78,23	29,0	84,86
92,5	78,24	26,0	85,41
92,0	78,26	22,0	86,11
91,0	78,27	20,0	87,32
90,0	78,32	18,0	87,92
89,0	78,39	13,0	90,02
88,0	78,45	10,0	91,80
87,0	78,53	8,0	93,10
86,0	78,58	7,0	93,73
85,0	78,65	5,5	94,84
84,0	78,72	4,5	95,63
83,0	78,81	3,0	97,11
82,0	78,88	2,0	98,05
81,0	78,97	1,5	98,55
80,0	79,05	1,0	98,95
79,0	79,13	0,5	99,65

Äthylalkohol bildet mit Wasser mehrere Kryohydrate. Die Diffusionsgeschwindigkeit durch poröse Membranen ist größer als bei Wasser. Viele Gase lösen sich in Alkohol leichter als in Wasser. 100 Vol. Alkohol lösen 7 Vol. Wasserstoff, 25 Vol. Sauerstoff, 16 Vol. Stickstoff. Äthylalkohol brennt mit blaßblauer, nichtleuchtender Flamme. Durch den Sauerstoff der Luft findet Oxydation zu Aldehyd und dann zu Essigsäure statt. Diese Oxydation geht in verdünnten Lösungen durch die Einwirkung von Mikroorganismen (Gärung) oder durch fein verteiltes Platin leicht vor sich. Verdünnte Salpetersäure oxydiert zu Glykolsäure, farblose konzentrierte Salpetersäure bildet Äthylnitrat, rauchende Salpetersäure wirkt unter Bildung von nitrosen Dämpfen, Äthylnitrit Aldehyd, Ameisensäure, Oxalsäure und Blausäure heftig ein. Chromsäure oder Kaliumbichromat oder Braunstein und Schwefelsäure bilden Azetaldehyd und Essigsäure. Bei Gegenwart von Alkalien wird Alkohol durch den Luftsauerstoff langsam zu Aldehydharz oxydiert, weshalb sich alkoholische Lösungen von Ätzalkalien allmählich bräunen. Alkoholisches Ätzkali wirkt daher als Reduktionsmittel (z. B. bei aromatischen Nitroverbindungen). Chlor und Brom oxydieren zu Azetaldehyd, der sich mit Alkohol zu Azetal vereinigt. Phosphorbromid oder -jodid bilden Äthylbromid bzw. -jodid. Mit Chlorkalk entsteht Chloroform, mit Alkali und Jod Jodoform. Aus Alkohol, Quecksilber und überschüssiger Salpetersäure entsteht Knallquecksilber, mit konz. Schwefelsäure je nach den Bedingungen Äthylschwefelsäure, Äther oder Äthylen. Bei der Einwirkung von Alkalimetallen auf Äthylalkohol bilden sich unter Wasserstoffentwicklung Alkoholate. Leitet man die Alkoholdämpfe über Aluminiumoxyd, Phosphorpentoxyd, oder fein verteilte Metalle, so entstehen schon bei niedriger Temperatur Äthylen und Wasser, wobei sich noch geringe Mengen von Aldehyd und Wasserstoff bilden. Beim Durchleiten von Alkohol durch glühende Röhren entstehen Wasserstoff, Methan, Äthylen, Azetylen, Benzol, Kohlenoxyd, Azetaldehyd, Essigsäure u. a.

Alkohol wirkt, in mäßigen Mengen genossen, anregend und befördert die Verdauung. In größeren Mengen wirkt er berauschend. Absoluter Alkohol ist giftig, und führt, in die Venen eingespritzt, den Tod herbei.

Der durch Destillation aus vergorenen Maischen erhaltene Rohspiritus enthält neben Wasser auch Azetaldehyd, Propylalkohol, Isopropylalkohol, Butylalkohol, Isobutylalkohol, Essigsäure- und Buttersäureäthylester, Azetal, Amylalkohol, optisch aktiven Amylalkohol und Furfurol. Aus diesem Rohspiritus gewinnt man durch Dephlegmatoren und Rektifikatoren neben Vorlauf und Nachlauf den Feinsprit, der je nach seiner Reinheit als Weinsprit, Feinsprit, Primasprit, unfiltrierter Primasprit

und Sekundasprit bezeichnet wird. Zur Herstellung von wasserfreiem Alkohol destilliert man den Feinsprit über Ätzkalk, wasserfreiem Kupfervitriol oder geglühter Pottasche ab. Aus dem erhaltenen Destillat können die letzten Reste Wasser durch Behandeln mit Bariumoxyd, Aluminiumamalgam oder met. Natrium entfernt werden (absoluter Alkohol).

Nachweis des Alkohols: Als Reaktion auf Äthylalkohol dient die Bildung von Jodoform, das bei der Einwirkung von Kalilauge und Jod auf Alkohol entsteht. Nach dieser Reaktion kann noch 1 T. Alkohol in 2000 T. Wasser nachgewiesen werden. Oder man prüft mit Benzoylchlorid, mit welchem der charakteristisch riechende Benzoesäureäthylester entsteht.

Alkoholometrie: Zur Bestimmung des Alkoholgehaltes einer Flüssigkeit, die außer Alkohol und Wasser keine anderen Bestandteile enthalten darf, ermittelt man das spez. Gewicht und entnimmt dann an der Hand von Tabellen den dem spez. Gewicht entsprechenden Alkoholgehalt in Vol.- oder Gewichtsprozenten oder man bedient sich der Aräometer (Alkoholometer, Hydrometer oder Branntweinwagen). Im Handel wird noch vielfach das Maßalkoholometer nach Tralles verwendet. Dessen Angaben beziehen sich auf die Normaltemperatur von 15,55° C. Um aus den gefundenen Volumprozenten die Gewichtsprozente zu erhalten, dividiert man das Volumgewicht des absoluten Alkohols durch das Volumgewicht des vorliegenden Spiritus und multipliziert den erhaltenen Quotienten mit dem Volumprozentgehalt dieses Spiritus. Zur Bestimmung des Alkoholgehaltes benutzt die Steuerbehörde in Deutschland amtlich nur noch das Gewichtsalkoholometer (Thermoalkoholometer). Dasselbe zeigt an, wieviel Kilogramm reiner Alkohol in 100 kg der zu prüfenden Flüssigkeit enthalten sind. Bei einem Typ dieser Alkoholometer kommen Branntweinstärken von 10 bis 67, beim anderen Typ solche von 65 bis 100 in Frage. Für alkoholhaltige Flüssigkeiten mit unter 1% Alkoholgehalt werden die sog. Lutterprober verwendet. Die Alkoholometer zeigen den richtigen Alkoholgehalt nur bei der für sie geltenden Normaltemperaturen an. Bei anderen Temperaturen kann nur die scheinbare Stärke ermittelt werden. Die wahre Stärke findet man durch Umrechnung aus der scheinbaren Stärke mit Hilfe von Tabellen. Neuere Typen sind mit besonderer Einteilung über und unter „Normal" versehen und ermöglichen durch Zuschlag oder Abzug der abgelesenen Skalenteile von bzw. zu der scheinbaren Stärke eine direkte Angabe der wahren Stärke ohne Benutzung einer Tabelle (Normalalkoholometer).

Das Volumalkoholometer nach Tralles wird außer in Deutschland auch in Italien und der Schweiz, mit 15° als Normaltemperatur auch in Österreich und Schweden benutzt. In Frankreich, Belgien, Norwegen und Portugal verwendet man das Alkoholometer nach Gay-Lussac (15° C). Nach diesem sind 96% Gay-Lussac = 95% Tralles. In England gilt als Ausgangspunkt (proof spirit) ein Spiritus von 0,9186 spez. Gew., der 49,3 Gewichtsprozente oder 57,09 Volumprozente nach Tralles enthält. Stärkerer Spiritus wird als over proof, schwächerer als under proof bezeichnet. Die Bestimmung geschieht mit dem Alkoholometer nach Sykes. Proof spirit zeigt 100. 25° overproof bedeutet, daß 100 Raumteile des Spiritus mit Wasser verdünnt 125 Teile Proofspiritus liefern. 25° underproof bezeichnet einen Weingeist, der in 100 Raumteilen 75 Teile Proofspiritus enthält.

Prüfung des Alkohols auf fremde Bestandteile: freie Säuren bestimmt man durch Titration mit $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ N-Kalilauge mit Phenolphtalein als Indikator. Furfurol. Man versetzt 10 ccm Alkohol mit 10 Tropfen Anilin und 2 Tropfen Salzsäure. Das Auftreten einer rosaroten Färbung zeigt Furfurol an. Aldehyd: Von 500 ccm Spiritus destilliert man 100 ccm ab und versetzt diese mit einer wäßrigen Lösung von salzsaurem m-Phenylendiamin. Bei Gegenwart von Aldehyd bildet sich um die zu Boden sinkende Lösung eine gelbrote Zone. Fuselöl: Der Alkohol wird zum größten Teil bei niedriger Temperatur verdunstet, den Rest schüttelt man mit dem gleichen Volumen Äther; beim Verdunsten des Äthers hinterbleibt Fuselöl, das am Geruche kenntlich ist. Azeton erkennt man durch Zusatz von Ammoniak und einer Lösung von Jod in Ammoniumjodid (Bildung von Jodoform). Pyridin: Man versetzt eine konzentrierte alkoholische Quecksilberchloridlösung mit 10 ccm des zu prüfenden Spiritus. Bei Anwesenheit von Pyridin entsteht ein weißer Niederschlag.

Vergällung (Denaturierung). Alkohol, der zu technischen Zwecken, einschließlich der Essigbereitung, ferner zu Putz-, Heizungs-, Koch- und Beleuchtungszwecken oder zu wissenschaftlichen und Heilzwecken dient, ist steuerfrei und zwar in der Regel nach der Vergällung. In besonderen Fällen wird für unvergällten Alkohol auf Grund eines Nachweises über die Verwendung des Alkohols Steuer-

freiheit gewährt. Die Vergällung ist entweder vollständig oder unvollständig. Zur vollständigen Vergällung verwendet man ein Gemisch von 4 Vol. Holzgeist und 1 Vol. Pyridinbasen mit Zusatz von bis zu 50 g Lavendel- oder Rosmarinöl auf 1 Liter. Von diesem Gemisch setzt man dem Branntwein 2½ Liter auf 100 Liter Alkohol zu. Oder man kann 100 Liter Alkohol mit 1,25 Liter von obigem Vergällungsmittel unter Zusatz von 2—20 Liter Benzol vollständig vergällen. Für unvollständige Vergällung können für je 100 Liter Alkohol folgende Stoffe verwendet werden: 1. für gewerbliche Zwecke jeder Art mit Einschluß der Herstellung bestimmter Heilmittel: 25 Liter Holzgeist oder 0,5 Liter Pyridinbasen.

2. Für die Herstellung von Brauglasur und zum Appretieren von Gummizeugen: 20 Liter Schellacklösung (aus 1 Gewichtsteil Schellack und 2 Gewichtsteilen Alkohol von wenigstens 90 Gewichtsprozenten).

3. Für die Herstellung von synthetischem Kampfer, von Kunstleder und Zellhorn: 1 kg Kampfer oder 2 Liter Terpentinöl oder 0,5 Liter Benzol.

4. Zur Herstellung von Äther, äthylschwefelsauren Salzen, Guajakharz und anderen Harzen und Gummiharzen, für Aldehyd und Paraldehyd, Bleiweiß, Azetaten, Äthylchlorid und Äthyljodid, von Chlor-, Brom- und Chlorsilbergelatine, Chloralhydrat, Essigäther für Kollodium, Chlor-, Brom- und Jodsilberkollodium für Kollodiumwolle in Lösungsmitteln, für Teerfarbstoffe einschließlich der zu ihrer Gewinnung dienenden Hilfs- und Zwischenprodukte, für Lösungen von Teerfarbstoffen für die Zeugdruckerei usw.: 10 l Äther oder 1 l Benzol oder 0,5 l Terpentinöl oder 0,025 l Tieröl.

5. Zur Herstellung von Chloroform, Jodoform, Bromoform, Äthyljodid, Äthylbromid, von brom- und jodhaltigen Fetten für Heilzwecke: 300 g Chloroform oder 200 g Jodoform oder 300 g Äthylbromid oder 500 g Äthylchlorid.

6. Zur Herstellung von Essig: 200 L 3%iger Essig, oder 150 L 4%iger Essig oder 100 L 6%iger Essig oder 75 L 8%iger Essig oder 60 L 10%iger Essig oder 50 L 12%iger Essig oder 30 L 6%iger Essig, zu welch letzterem 70 L Wasser und 100 L Bier zugesetzt werden müssen.

7. Zur Herstellung von Tinten, Stempelfarben und Farblacken: 0,5 L Terpentinöl oder 0,025 L Tieröl.

8. Zur Herstellung von Lacken jeglicher Art, von Polituren, Bettstreichwachs, Vanillezucker, zur Speisung von Glasierlampen, zum Appretieren von Seidenbunden, zum Schattieren von Tonwerkzeugen, zur Reinigung von Schmierkannen, Billardgestellen und von galvanisch verzinnten feinen Metallwaren: 0,5 L Terpentinöl.

9. Zur Herstellung von wissenschaftlichen Präparaten für Lehrzwecke: 1 L Petroleumbenzin.

10. Zur Herstellung von fetten Seifen: 1 kg Rizinusöl und 400 g Ätzalkalilauge.

11. Zur Herstellung von Wollfetten und Wollspickölen und Galalith: 5 L Petroleumbenzin.

Vergällter Alkohol mit einer wahren Stärke von mindestens 80% darf im Kleinhandel nur in Behältern von 50, 20, 10, 5 und 1 L Rauminhalt, die verschlossen und mit einer Angabe der Alkoholstärke versehen sind, verkauft werden. Unvergällter Alkohol darf steuerfrei nur abgegeben werden an Kranken-, Entbindungs- und ähnliche Anstalten und an öffentliche wissenschaftliche Lehranstalten, ferner an militärtechnische Anstalten und an Anstalten zur Herstellung von Pulver und Knallquecksilber.

Verwendung: In früheren Jahren wurde die Hauptmenge Alkohol in Form von Trinkbranntwein und Likören verbraucht. Für gewerbliche Zwecke dient er zur Fabrikation von Äthyläther durch Erhitzen eines Gemisches von 9 T. konz. Schwefelsäure (spez. Gew. 1,835) mit 5 T. Alkohol von 90 Vol.-Proz. in einer kupfernen Blase auf 140° C und Nachfließenlassen neuer Alkoholmengen, oder durch Einwirkung von Alkohol auf Benzolsulfosäure bei 135 bis 145° C (Ber. **26**, 2829), von Essigester, Äthylazetat durch Destillation von Alkohol mit Essigsäure und konz. Schwefelsäure oder mit Natriumazetat und konz. Schwefelsäure, von Äthylbromid oder Äthyljodid durch Behandlung von Alkohol mit Brom oder Jod und rotem Phosphor, von Äthylnitrit durch Einwirkung von Schwefelsäure und Kaliumnitrit auf Alkohol, von Chloral durch Einleiten von Chlor in absoluten Alkohol, von Chloroform durch Erwärmen von Alkohol mit Chlorkalk in bestimmten Gewichtsverhältnissen auf 60° C, von Jodoform durch Erwärmen von Alkohol mit Jod und Alkali oder Alkalikarbonat, von Knallquecksilber durch Einwirkung von Quecksilbernitrat in überschüssiger Salpetersäure auf Alkohol, von Azetaldehyd durch Oxydation einer Mischung von 3 T. 90%igem Alkohol und 4 T. konz. Schwefelsäure unter Kühlung mit 3 T. Kaliumbichromat in 12 T. Wasser und allmählichem Erwärmen auf dem Wasserbade, wobei unreiner Aldehyd abdestilliert, der als Aldehydammoniak ausgeschieden und durch

Destillation mit verdünnter Schwefelsäure rein gewonnen wird, von Essigsäure durch Oxydation von Alkohol mit Luft bei Gegenwart einer Kontaktsubstanz und elektrolytischer Oxydation des durch fraktionierte Destillation vom überschüssigen Alkohol befreiten Aldehyds zu Essigsäure (D.R.P. 223208 und Zusatz-D.R.P 229854), zur Herstellung von Essig durch saure Gärung (die Mischung von 1 T. 80%igem Alkohol in 8—9 T. Wasser (Essiggut), träufelt über Hobelspäne, die in Fässern sich befinden, wobei von unten nach oben Luft durch die Fässer zieht). Alkohol ist ein gutes Lösungsmittel für viele mineralische Salze, Ätzalkalien, Kohlenwasserstoffe, Fette, Fettsäuren, Harze und vielen anderen Kohlenstoffverbindungen. Spirituslacke erhält man durch Auflösen von Harzen in Alkohol oft unter Zusatz von Äther oder Chloroform, Buchbinderlack ist eine Auflösung von 1,2 kg Terpentinöl, 3 kg blondem Schellack in 9 kg Spiritus. Für Bilderlack löst man 800 g Terpentinöl, 800 g Sandarak in 2,8 kg Spiritus. Alkohol dient zur Herstellung von Kollodiumseide (Chardonnetseide), wobei nitrierte Baumwolle mit etwa 25% Feuchtigkeitsgehalt in einem Gemisch von 60 T. Äther und 40 T. Alkohol gelöst wird, wodurch man eine 15—20%ige Kollodiumlösung erhält (D.R.P. 56331 und 81599), in der Fabrikation von rauchschwachem Pulver zur Verdrängung der Feuchtigkeit der Schießwolle. Eine erhebliche Menge Spiritus dient zu Koch- und Heizzwecken und als Spiritusglühlicht zu Beleuchtungszwecken.

Nach D.R.P. 156988 verwendet man als sog. Leuchtspiritus ein Gemisch von 70—95 Vol. 90%igen Spiritus und 5—30 Vol. gereinigten Benzolöls (Siedep. 160 bis 180° C). Ein Zusatz von etwa 2% Methylalkohol verdeckt hierbei den unangenehmen Benzolgeruch. Alkohol wird ferner zur Herstellung von Farbstoffen und deren Zwischenprodukten, für arzneiliche Spirituosen und im Laboratorium gebraucht.

Alkohol als Desinfektionsmittel s. d. 83.

Besteuerung des Branntweins. In Deutschland gilt seit 15. Juli 1909 das Branntweinsteuergesetz, das durch Gesetz vom 14. Juni 1912 betreffend die Beseitigung des Kontingents wesentlich abgeändert worden ist. Danach wird für den im Inland erzeugten Branntwein innerhalb des Kontingents eine Verbrauchsabgabe von 1,05 M., außerhalb des Kontingents eine solche von 1,25 M. für 1 L 100%igen Alkohol erhoben. Aus den Erträgen werden jährlich 16 Mill. M. zur Erhöhung der Vergütung für vergällten Branntwein abgeführt. Von der Verbrauchsabgabe bleiben befreit:

1. Branntwein, der ausgeführt wird,
2. Branntwein für gewerbliche Zwecke einschließlich der Essigbereitung, zu Putz-, Heizungs-, Koch- oder Beleuchtungszwecken und
3. der Schwund der bei der Reinigung, Lagerung und Versendung von Alkohol entsteht.

Außer der Verbrauchsabgabe wird noch eine Betriebsauflage erhoben. Diese hat den Zweck, die kleinen landwirtschaftlichen Brennereien zu stützen und hängt von der Höhe der Erzeugung ab. Je nach der im Betriebe erzeugten Alkoholmenge ist sie einer Staffelung unterzogen und beträgt für die Erzeugung innerhalb des Brennrechtes:

	bis zu 50 hl	=	4,00 M.
über	50— 100 „	=	4,50 „
„	100— 150 „	=	5,00 „
„	150— 200 „	=	5,50 „
„	200— 300 „	=	6,00 „
„	300— 400 „	=	6,50 „
„	400— 600 „	=	7,00 „
„	600— 800 „	=	7,50 „
„	800—1000 „	=	8,00 „
„	1000—1200 „	=	8,50 „
„	1200—1400 „	=	9,00 „
„	1400—1600 „	=	9,50 „
„	1500—1800 „	=	10,00 „
„	1800—2000 „	=	10,50 „
„	2000—2200 „	=	11,00 „
„	2200—2400 „	=	11,50 „
„	2400—2600 „	=	12,00 „
„	2600—2800 „	=	12,50 „
„	2800—3000 „	=	13,00 „
„	3000 h	=	14,00 „

vom Hektoliter Alkohol.

Diese Betriebsauflagen sind keine eigentlichen fiskalischen Steuern, da deren Einnahmen als Rückvergütungen für Branntwein gewährt werden, der entweder zu technischen Zwecken dient oder ins Ausland ausgeführt wird.

Der zu technischen Zwecken dienende Alkohol ist vollständig zu vergällen

1. bei Brennereien, die Hefe nach dem Würzeverfahren herstellen, der Teil der Erzeugung, der über 35% des Durchschnittsbrandes hinausgeht,
2. bei den übrigen Brennereien der Teil der Erzeugung, der über 70% des Durchschnittsbrandes hinausgeht.

Von der Vergällungspflicht sind befreit:

1. Branntwein aus Brennereien mit einer 100 hl nicht überschreitenden Jahreserzeugung.
2. Branntwein aus Obstbrennereien.
3. Branntwein aus Brennereien, die ausschließlich Roggen, Weizen, Buchweizen Hafer oder Gerste verarbeiten und keine Hefe nach dem Würzeverfahren herstellen.

Statistisches. Im Gebiet der Branntweinsteuergemeinschaft betrug die Erzeugung:

	Mill. Liter rein. Alkohol
Im Durchschnitt 1887/88—1891/92	296,9
„ „ 1892/93—1896/97	313,5
„ „ 1897/98—1901/02	381,1
„ „ 1897/98—1901/0	381,1
höchste Erzeugung 1901/02	423,8
niedrigste Erzeugung 1897/98	328,8
1902/03	338,2
1903/04	385,4
1904/05	378,7
1905/06	437,7
1906/07	384,1
1907/08	401,8
1908/09	425,5
1909/10	364,2
1910/11	346,2
1911/12	345,6

Verbrauch an Spiritus zu Trinkzwecken:

	etwa Mill. Liter	Liter auf den Kopf der Bevölkerung
Vor 1887	300,0	6,2
Durchschnitt 1888/92	218,6	4,4
„ 1892/97	222,3	4,3
„ 1897/98	225,9	3,8
„ 1898/99	240,9	4,4
„ 1899/1900	237,6	4,3
„ 1900/01	240,3	4,2
„ 1901/02	237,6	4,1
„ 1902/03	232,7	4,0
„ 1903/04	232,6	4,0
„ 1904/05	220,3	3,7
„ 1905/06	226,2	3,8
„ 1906/07	242,8	4,0
„ 1907/08	238,9	3,8
„ 1908/09	269,1	4,2
„ 1909/10	178,0	2,8
„ 1910/11	196,9	3,0
„ 1911/12	193,3	2,9

Erzeugung der einzelnen Brennereigattungen.

Betriebsjahre	Kartoffelbrennereien	Hefebrennereien	Getreidebrennereien (ohne Hefeerzeugung)	Melassebrennereien	Obst- und diesen gleichgestellte Brennereien
	Mill. Liter	Mill. Liter	Mill. Liter	Mill. Liter	Mill. Liter
Durchschnitt 1887/88—1891/92	230,1	38,6	11,6	12,6	2,6
1892/93—1896/97	243,7	39,3	13,7	13,7	3,4
Durchschnitt 1887/88—1896/97	236,9	38,9	12,6	13,2	3,0
1897/98—1901/02	308,6	41,3	18,0	12,1	3,3
1902/03	265,0	43,6	18,9	8,8	1,9
1903/04	304,7	45,7	23,5	9,3	2,3
1904/05	287,8	48,2	28,4	10,8	3,7
1905/06	351,8	48,0	26,5	8,3	3,1
1906/07	279,0	47,5	27,4	8,9	3,0
Durchschnitt 1902/03—1906/07	287,6	46,6	24,9	9,2	3,0
1897/98—1906/07	248,2	43,9	21,4	10,6	3,1
1907/08	314,8	48,4	24,4	10,3	3,8
1908/09	348,9	45,1	23,9	8,7	4,8
1909/10	293,8	35,8	23,3	7,3	3,8
1910/11	280,6	30,8	23,6	8,8	2,8
1911/12	249,9	30,0	49,6	12,8	3,4
Durchschnitt 1907/08—1911/12	296,2	38,0	29,0	9,6	3,7

Einem stetig fallenden Verbrauch an Trinkbranntwein steht eine gleichmäßige Steigerung des Verbrauches für technische Zwecke gegenüber.

Gesamtverbrauch an steuerfreiem Branntwein:

Betriebsjahr	Im ganzen		Vollständig vergällt		Zur Essigfabrikation		Für die chem. Industrie und andere Zwecke	
	Reichsverbr.	Auf den Kopf der Bevölk.	Reichsverbr.	Auf den Kopf der Bevölk.	Reichsverbr.	Auf den Kopf der Bevölk.	Reichsverbr.	Auf den Kopf der Bevölk.
	Mill. l	Mill. l	Mill. l	Mill. l	Mill. l	Mill. l	Mill. l	Mill. l
Durchschnitt								
1887/88—1891/92	48,21	1,0	21,56	0,4	13,80	0,3	12,85	0,3
1892/93—1896/97	73,31	1,4	42,00	0,8	15,66	0,3	15,65	0,3
1897/98—1901/02	103,77	1,9	65,60	1,2	16,42	0,3	21,75	0,4
1902/03	127,87	2,2	90,02	1,5	15,58	0,3	22,27	0,4
1903/04	139,19	2,4	98,42	1,7	15,25	0,3	25,52	0,4
1904/05	139,85	2,3	98,01	1,6	15,07	0,3	26,77	0,4
1905/06	147,74	2,4	101,54	1,7	17,07	0,3	29,13	0,4
1906/07	133,65	2,2	86,48	1,5	17,40	0,3	29,77	0,4
1907/08	159,32	2,5	112,70	1,8	17,83	0,3	29,39	0,4
1908/09	148,00	2,3	99,30	1,6	17,55	0,3	31,15	0,4
1909/10	188,29	2,9	149,71	2,3	14,10	0,2	25,00	0,4
1910/11	140,70	2,1	102,50	1,6	15,60	0,2	22,60	0,3
1911/12	157,38	2,4	122,0	1,9	15.20	0,2	20,18	0,3

Reinertrag der Branntweinsteuer (in 1000 M.):

Betriebsjahr	Maischraum- und Materialsteuer		bleibt Reinertrag	Verbrauchsabgabe u. Zuschlag (Reinertr.)	Ertrag der Inlandsteuer	Eingangszoll
	überhaupt	ab Vergütungen				
1899/1900	36 457	13 757	22 700	120 414	143 114	13 109
1900/1901	40 000	17 482	22 518	130 559	153 077	3 303
1901/02	43 696	16 641	27 055	128 877	155 932	5 227
1902/03	32 521	22 179	10 342	126 727	137 069	5 830
1903/04	36 300	18 991	17 309	122 021	139 331	5 635
1904/05	34 923	16 824	18 099	114 397	132 496	5 868
1905/06	43 418	20 942	22 476	119 629	142 105	5 831
1906/07	36 044	22 346	13 698	130 680	144 377	6 722
1907/08	37 067	16 608	20 459	126 512	146 971	6 656
1908/09	39 876	22 754	17 122	142 623	159 735	13 311
Durchschnitt						
1899/1900—1908/09	38 006	18 852	19 154	126 244	145 410	7 148
1909/10	165	6 523	— 6 358	185 307[1])	178 957	5 252
1910/11	—	6	— 6	206 104[1])	206 098	7 249
1911/12	—	—	—	202 968	202 968	5 095

Erzeugung außerdeutscher Länder:

1. Österreich-Ungarn

	1906/07 hl	1907/08 hl	1908/09 hl
Oesterreich	1 541 980	1 622 198	1 525 482
Ungarn	1 004 331	1 191 168	1 006 286
Oesterr.-Ungarn	2 546 311	2 813 366	2 531 768
	1909/10 hl	1910/11 hl	1911/12 hl
Oesterreich	1 551 899	1 784 786	1 587 068
Ungarn	1 083 825	1 155 610	1 183 198
Oesterr.-Ungarn	2 635 724	2 940 396	2 770 266

2. Rußland

	1000 Wedro rein. Alkohol	Mill. Liter rein. Alokhol
1900/01	32 827	405,8
1901/02	29 275	365,2
1902	31 157	385,5
1903	31 133	382,6
1904	34 102	419,6
1905/06	36 417	447,9
1906	34 000	418,2
1907	—	—
1908	55 996	688,7
1909	50 676	623,2
1909/10	42 576	523,7
1910/11	49 325	606,7
1911/12	44 755	550,4

[1]) Einschließlich der Nachsteuer und der auf Grund des bisherigen Branntweinsteuergesetzes erhobenen Verbrauchsabgabe.

3. Frankreich

Jahr	Mill. Liter rein. Alkohol	Jahr	Mill. Liter rein. Alkohol
1903	204,7	1908	253,8
1904	225,6	1909	242,6
1905	260,9	1910	239,1
1906	271,0	1911	241,5
1907	252,9	1912	331,0

4. Italien

(Finanzjahre vom 1. Juli bis 30. Juni)

Jahr	reinen Alkohol hl	Jahr	reinen Alkohol hl
1906/07	277 435	1909/10	418 921
1907/08	463 377	1910/11	296 667
1908/09	800 536	1911/12	260 632

5. Großbritannien und Irland.

(Finanzjahre vom 1. April bis 31. März)

Jahr	Mill. Proofgallons	Mill. Liter rein. Alkohol
1903	49,7	129,7
1904	51,8	135,2
1905	49,1	128,0
1906	49,2	128,4
1907	50,3	131,3
1908	47,8	103,2
1909	49,5	129,2
1910	43,8	114,3
1911	41,2	107,5
1912	45,7	119,3

6. Vereinigte Staaten von Nordamerika

(Finanzjahre vom 1. Juli bis 30. Juni)

Jahr	Mill. Gallonen zu 50%	Mill. Liter rein. Alkohol
1900/01	128,57	243,38
1901/02	132,84	251,47
1902/03	148,21	280,44
1903/04	139,50	263,50
1904/05	153,26	290,04
1905/06	150,11	284,08
1906/07	174,61	330,65
1907/08	133,89	252,94
1908/09	139,89	264,74
1909/10	163,89	307,96
1910/11	183,35	347,76
1911/12	187,57	354,97

Spirituserzeugung, Verbrauch, Ein- und Ausfuhr einiger außerdeutscher Länder in Mill. Liter.

Jahr	Land	Erzeugung	Trinkverbrauch	Techn. Verbrauch	Ausfuhr
1911/12	Österreich-Ungarn	277,026	195,095	48,196	5,415
1911/12	Rußland	550,400	437,900	38,893	52,800
1912	Frankreich	331,000	?	69,320	31,700
1911/12	Italien	26,063	?	11,466	0,072
1912	Großbritannien und Irland	119,300	33,147	9,657	26,600
1911/12	Ver. Staaten von Nordamerika	354,970	257,020	26,420	3,880
1910	Niederlande	35,050	?	?	20,450
1911	Belgien	34,700	?	?	2,550
1912	Dänemark	14,530	12,850	1,920	0,400
1911/12	Schweden	20,107	?	3,450	0,089
	Norwegen	0,500			0,060

Verbrauch alkoholischer Getränke in den Hauptkulturländern nach Dr. Kirmse.

Durchschnittliche Menge des Verbrauchs von Branntwein auf den Kopf der Bevölkerung in Litern:

Land	1885/89	1890/94	1895/99	1900/04	1905/09	1885/09
Frankreich	7,64	8,66	8,73	7,55	6,0	7,72
Belgien	8,9	9,5	8,84	7,72	4,9	7,97
Niederlande	8,98	8,86	8,35	7,98	6,3	8,09
Italien	1,5	1,33	1,08	1,28	1,9	1,42
Schweiz	—	6,05	5,82	5,1	3,5	5,09
Dänemark	14,52	14,84	14,8	14,0	10,4	13,71
Großbritannien und Irland	4,3	5,58	4,68	4,7	3,9	4,63
Deutschland	8,1[1])	8,8	8,64	8,4	6,7	8,13
Österreich-Ungarn	8,8	10,26	10,52	10,3	7,0	9,36
Ver. Staaten von Nordamerika	4,86	5,24	4,22	5,34	5,6	5,05
Schweden	7,1	6,82	7,64	7,92	6,0	7,07
Rußland	6,46	4,86	4,84	4,94	5,2	5,26
Norwegen	3,1	3,77	2,72	3,3	2,6	3,10

[1]) Nur 1888/89.

Durchschnittliche Menge des als Branntwein genossenen Alkohols auf den Kopf der Bevölkerung in Litern:

Land	1885/89	1890/94	1895/99	1900/04	1905/09	1885/09
Frankreich	3,06	3,46	3,49	3,02	2,4	3,09
Belgien	3,56	3,80	3,54	3,09	2,0	3,19
Niederlande	3,59	3,54	3,34	3,19	2,52	3,24
Italien	0,60	0,53	0,43	0,51	0,76	0,57
Schweiz	—	2,42	2,33	2,04	1,40	2,04
Dänemark	5,81	5,93	5,92	5,6	4,14	5,48
Großbritannien und Irland	1,72	2,23	1,87	1,88	1,56	1,79
Deutschland	3,24	3,52	3,48	3,36	2,68	3,25
Österreich-Ungarn	3,52	4,50	4,21	4,12	2,8	3,75
Ver. Staaten von Nordamerika	1,94	2,09	1,69	2,13	2,24	2,02
Schweden	2,84	2,73	3,06	3,17	2,4	2,83
Rußland	2,58	1,94	1,94	1,97	2,28	2,10
Norwegen	1,24	1,51	1,09	1,32	1,04	1,24

Deutschlands Außenhandel in Weingeist in Fässern und Flaschen nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	Menge in t	Wert in 1000 M.	Menge in t	Wert in 1000 M.
1907	5 267,6	—	23 088,0	—
1908	12 201,5	3333	8 096,8	3168
1909	13 024,2	3283	9 405,6	3051
1910	16 356,3	3757	12 347,0	3728
1911	18 355,7	4020	12 603,9	3974
1912	19 832,0	6207	13 172,5	4856
1913	13 108,3	4109	6 953,6	2575

Im Jahre 1913 wurden eingeführt: Von Belgien 1296,0 t, von Österreich-Ungarn 3470,6 t, von Rußland 7048,7 t; ausgeführt wurden: nach Großbritannien 835,5 t, Schweiz 595,5 t, franz. Westafrika 950,6 t, Marokko 713,0 t, Portugiesisch-Westafrika 2953 t. In Flaschen: Nach franz. Westafrika 237,6 t, Korea 370,3 t, Bolivien 12,5 t.

Preise:

Verwertungspreise für Spiritus der Spirituszentrale:

Jahr	für das hl reinen Alkohol Mark	Jahr	für das hl reinen Alkohol Mark
1899/00	41,5	1906/07	43,3
1900/01	39,0	1907/08	51,25
1901/02	31,7	1908/09	41,51
1902/03	40,5	1909/10	43,03
1903/04	46,5	1910/11	44,31
1904/05	56,0	1911/12	52,02
1905/06	42,5		

Preise für Brennspiritus:

Jahr	für 1 Liter 90%ig Pfennige	für 1 Liter 95%ig Pfennige
1900/01	30	35
1901/02	25	30
1902/03	25	30
1903/04	30	35
1904/05	40	43
1905/06	30	33
1906/07	28	30
1907/08	30	32
1908/09	30	32
1909/10	30	32
1910/11	30	32
1911/12	32	35

Großhandelspreise von rohem Kartoffelspiritus (100 L Alkohol) unversteuert, ab Hamburg mit Faß:

Jahr	Mark	Jahr	Mark
1900	22,9	1908	33,8
1901	19,1	1909	25,5
1902	16,9	1910	25,3
1903	20,3	1911	24,6
1904	30,1	1912	33,3
1905	25,3	1913	35,8
1906	21,6	1914	36,1
1907	28,2		

Preise:
Absoluter Alkohol
(46° Bé = 0,796—0,797) % kg M. 290,00
Feinsprit etwa 96% % „ „ 275,00

Bezugsquellen: Joh. Dietrich Bieber, Hamburg, Hansahaus; Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chemische Fabrik Cotta, E. Heuer, Dresden-A.; Chemische Fabrik Ellerholz, G. m. b. H., Hamburg, Ferdinandstr. 6; Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler G. m. b. H., Fürstenwalde (Spree); R. Eisenmann, Berlin O., Mühlenstraße; C. Erdmann, Leipzig-Lindenau, Fabrik chemischer Präparate Dr. Richard Sthamer, Hamburg 8; C. A. F. Kahlbaum, Adlershof bei Berlin; E. de Haen, chemische Fabrik „List" G. m. b. H., Seelze bei Hannover; E. Merck, Darmstadt; Spirituszentrale G. m. b. H., Berlin W 9, Schellingstraße 14.

Literatur:

Richter, Chemie der Kohlenstoffverbindungen, Bonn 1909. — Jahrbuch des Vereins der Spiritusfabrikanten, Berlin 1901 bis 1913. — N. Wender, Die Verwertung des Spiritus für technische Zwecke, Wien-Leipzig 1904.
Donath Gröger, Kuzgefaßtes Lehrbuch der Spiritusfabrikation, Leipzig-Wien 1908.
Ergänzungswerk zu Muspratt's enzyklop. Handb. d. techn. Chemie, Bd. IV, 1, Braunschweig 1915: Alkohol von Dr. Ernst Lühder.
Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie, Bd. 1, Berlin-Wien 1914.

Ed. Schenk.

Aloehanf s. Textilien A II, c, 7.
Alpacca, Alpaka s. Legierungen II, b; Textilien A III, a, 6.
Alphanaphtol s. Naphtole 1.
Alphanaphtylamin s. Naphtole 3.
Alsatin s. Fette II, F.
Altenburgergelb s. Farbstoffe I, 20.
Altonaergrün s. Farbstoffe I, 51.

Aluminium, franz. u. engl.: aluminium. (Name von latein. „alumen" = Alaun). — Chemisches Element, Metall aus der Gruppe der Erdmetalle.

Atomgewicht: 27,10.

Zeichen: Al. Kristallform regulär.

Struktur: Im Guß je nach Abkühlungsgeschwindigkeit und Reinheit feindendritisch bis körnig, in sehr reinem Zustand feinnadelig. Durch die im technischen Aluminium immer vorhandenen Verunreinigungen (Eisen und Silizium) wird die Struktur etwas grober körnig. Im gewalzten und gepreßten Zustand ist die Struktur faserig, durch anschließendes Glühen wieder kristallin. Der Bruch ist dieser Struktur entsprechend, er ist um so zäher, je reiner das Metall ist.

Schmelzpunkt: 657°, beim Schmelzen verbraucht Aluminium infolge seiner hohen spezifischen Wärme große Wärmemengen, schmilzt also sehr langsam. Im geschmolzenen Zustand ist das Metall gut dünnflüssig, stärkere Verunreinigungen machen es dickflüssiger, insbesondere wirkt auch ein durch Oxydation beim Schmelzen sich bildender Gehalt an Aluminiumoxyd in dieser Weise.

Siedepunkt: 1800°.

Bei etwa 400° ist Aluminium leicht preßbar, bei über 500° wird es mürbe (pulverisierbar).

Dichte je nach der Bearbeitung 2,6—2,7 (gegossen: 2,64, gewalzt oder gezogen: 2,68 bis 2,70). An eine Walzverarbeitung anschließendes Glühen erhöht die Dichte noch weiter. Im geschmolzenen Zustand ist die Dichte etwa 2,54.

Die lineare Wärmeausdehnung ist
von —190 bis + 170: 0,0000184
bei +18°: 0,0000216
von 0 bis +100: 0,0000242.

Wärmeleitfähigkeit: bei 0°: 0,34, bei 100°: 0,36 (halb so groß wie die des Kupfers, doppelt so groß wie die des Eisens).

Die spezifische Wärme ist
zwischen —80 und + 15°: 0,198 cal.
„ +15 und +185°: 0,219 cal.
in der Nähe des Schmp.: 0,308 cal.

Die Schmelzwärme ist 77, die Gesamtschmelzwärme 240 kcal, also bedeutend höher, als die der meisten anderen Metalle, auch der bei viel höherer Temperatur schmelzenden. Aluminium schmilzt daher sehr langsam und erstarrt auch langsam, es bleibt ferner z. B. im Tiegel nach dem Herausnehmen aus dem Ofen noch verhältnismäßig lange flüssig.

Das Schwindmaß ist 1,7—1,8%, Aluminium saugt also stark nach.[3])

Die Verbrennungswärme ist 7140 kcal, also sehr hoch. Da keine gasförmigen Verbrennungsprodukte entstehen, sondern festes Aluminiumoxyd, so wird die entwickelte Wärme auch gut zusammengehalten (s. unter Verwendung Aluminothermie).

Der Elastizitätsmodul ist 6300—7500, er fällt beim Erhitzen auf 100° um etwa 20%. Der Elastizitätskoeffizient = Dehnungsmodul ist 2300—3300.

Im gegossenen Zustand ist:
die Streckgrenze etwa 3 kg/qmm
die Bruchgrenze 10—12 kg/qmm
die Dehnung 10—12%
die Kontraktion etwa 17%.

Kaltreckung durch Walzen, Hämmern, Ziehen erhöht die Festigkeit unter Abfall der Dehnung, z. B. sind bei einem stufenweise kalt ohne Zwischenglühungen heruntergewalzten Blech von ursprünglich 7 mm Stärke durch den Verfasser folgende Festigkeitseigenschaften ermittelt worden (s. auch Diagramm Abb. 1):

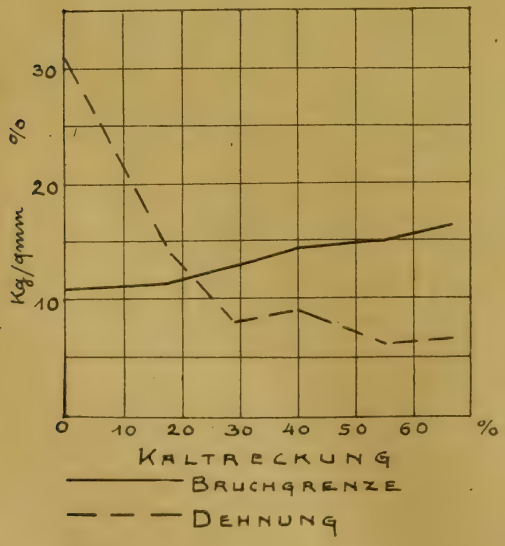


Abb. 1.

Blechstärke mm	Kaltreckungsgrad %	Zerreißfestigkeit kg/qmm	Dehnung %
7,05	0	11	31,9
5,7	18,0	11,5	13,5
5,0	29,1	13,2	7,8
4,2	40,2	14,6	8,9
3,2	54,6	15,2	6,1
2,3	67,4	16,3	6,5

Anschließendes Anlassen (Erhitzen bis zu 500°) läßt die Festigkeit wieder fallen unter Ansteigen der Dehnung, vgl. die nachfolgende Tabelle nach Bauer und Vogel[4]), die die Änderung der Festigkeitseigenschaften einer Probe kalt gewalzten Aluminiums bei stufenweisem Erhitzen angibt:

Angelassen auf	Streckgrenze kg/qmm	Bruchgrenze kg/qmm	Dehnung %
0°	17,95	18,75	6,3
100°	17,20	18,20	6,5
200°	13,85	14,85	6,4
300°	6,10	8,85	37,7
400°	5,50	9,30	36,6
500°	5,50	9,85	31,8

Abb. 2 gibt die Verhältnisse graphisch wieder.

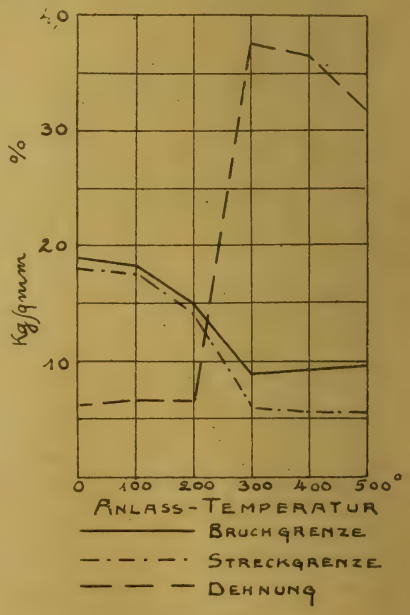


Abb. 2.

Das Erweichen hart gewalzten Materials tritt also sehr scharf zwischen 200 und 300° ein.

In der Wärme nimmt die Festigkeit des Aluminiums ziemlich schnell ab; so ermittelte Le Chatelier folgende Ziffern:

Temperatur	15°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	460°
Zerreißfestigkeit kg/qmm	18,7	15,2	12,9	10,1	7,7	5,7	3,8	2,4	1,6

Bei Temperaturen zwischen —40 und +50 ändern sich Streckgrenze, Zerreißfestigkeit und Dehnung (sowie auch die Kerbzähigkeit) praktisch nicht.

Die Elastizität ist im gegossenen und geglühten Zustand gering, im kalt gereckten federt Aluminium recht gut.

Die Kerbzähigkeit ist 4—5 cmkg/qmm.

Die Bildsamkeit des Aluminiums ist sowohl in der Kälte wie in der Wärme recht gut. Es ist bei gewöhnlicher wie bei höherer Temperatur gut hämmerbar und walzbar, bei Temperaturen, die sich dem Schmp. sehr nähern, wird es mürbe und bei Beanspruchung zerbröckelnd. Jedoch scheint bei großer Reinheit diese Erscheinung weniger stark aufzutreten. Aluminium läßt sich sehr leicht treiben, stanzen und prägen.

Die Härte ist nach Mohs 2; die Brinellsche Kugeldruckhärte (gemessen mit einer Kugel von 10 mm Durchmesser bei 500 kg Druck) ist für gegossenes Material etwa 27, für gewalztes und dann geglühtes etwa 30, die Sprunghärte nach Shore ist 8. Kaltwalzen steigert die Härte ebenso wie die Festigkeit, Versuche des Verfassers an den bereits bei Besprechung der Festigkeit erwähnten hart gewalzten Blechen ergaben folgende Zahlen; die außerdem in Abb. 3 ihren Ausdruck finden.

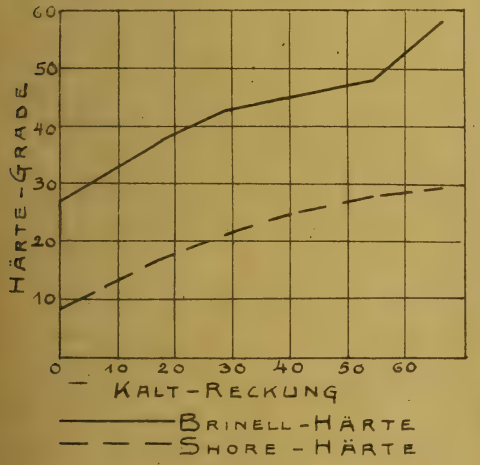


Abb. 3.

Kaltreckungsgrad %	Härte nach Brinell	Härte nach Shore
0	27	8,5
18,0	38	17,0
29,1	43	21,0
40,2	45	25,0
54,6	48	27,5
67,4	58	29,5

Nachfolgendes Glühen setzt die Härte wieder herab wie die Zerreißfestigkeit.

Aluminium läßt sich gut biegen, selbst im hart gewalzten Zustand ist es in dieser Beziehung nicht spröde, sondern läßt sich noch um 180° biegen, ohne einzureißen.

Die *Farbe* des Aluminiums ist weiß glänzend mit einem Stich ins bläuliche, zwischen der des Silbers und des Platins. Der bläuliche Stich tritt besonders bei längerem Lagern an der Luft in Erscheinung, er läßt sich durch Abbeizen mit Flußsäure entfernen, die Farbe ist dann silberweiß.

Elektrische Eigenschaften: Die spezifische Leitfähigkeit des Aluminiums ist 31,2 $\frac{m}{Ohm \times qmm}$, der spezifische Widerstand 0,032 $\frac{Ohm \times qmm}{m}$. Nächst Silber, Kupfer und Gold ist Aluminium der beste Leiter für Elektrizität, seine Leitfähigkeit ist etwa halb so groß wie die des Kupfers.

Aluminium ist paramagnetisch, seine spezifische Permeabilität ist 23 (für Äther = 1 000 000)[5]).

Die verhältnismäßig noch gute Leitfähigkeit für Elektrizität läßt das Aluminium als Leitungsmaterial in der Elektrotechnik verwenden, insbesondere wurde es im Kriege vielfach als Ersatzmaterial für Kupfer gebraucht.

In der elektrolytischen Spannungsreihe steht das Aluminium zwischen Magnesium nnd Mangan, es muß also als ziemlich „unedles" Metall angesprochen werden. In einer Auflösung von Ätzkali ist es negativ gegenüber Zink, positiv gegenüber Kadmium, Zinn, Blei, Eisen, Kupfer und Platin. In Salzsäure ist es negativ gegen Zink und Kadmium, in verdünnter Salpetersäure und Schwefelsäure ist es positiv nur gegenüber Platin und Kupfer von den genannten Metallen. Die Herstellung von Aluminium-Niederschlägen auf anderen Metallen ist sehr schwer, Aluminiumüberzüge haben daher bislang trotz vieler Vorschläge und Versuche nur eine geringe Bedeutung erlangt.

Bezüglich des Verhaltens gegen radioaktive Strahlen ist bemerkenswert, daß die Hälfte der Strahlen noch durchgelassen werden bei

α-Strahlen bei einer Dicke der Aluminiumschicht von 0,0034 mm
β-Strahlen bei einer Dicke der Aluminiumschicht von 0,50 mm
γ-Strahlen bei einer Dicke der Aluminiumschicht von 70 mm

Das Aluminiummetall hat einen schönen Klang, ein Aluminiumbarren gibt beim Anschlagen zwei Töne, einen in der Längs- und einen in der Querrichtung. Der Klang im Verein mit der Leichtigkeit hat Veranlassung gegeben, das Aluminium als Material für Glocken vorzuschlagen. Eine umfassendere Verwendung scheint es aber nach dieser Richtung noch nicht gefunden zu haben.

Die Schallgeschwindigkeit im Aluminium beträgt 5000 m/sek.

Chemisches Verhalten: In trockener Luft oxydiert sich das Aluminium auch bei höheren Temperaturen nur sehr wenig, es bildet sich eine dünne aber dichte Oxydhaut auf der Oberfläche, die das Metall vor weiterem Angriff schützt. Erst bei Weißglut wird die Oxydation lebhafter. In Sauerstoff läßt sich Aluminium nur schwer entzünden, Blatt-Aluminium mit Kohle bis zum Brennen der letzteren erhitzt, verbrennt jedoch mit heller Flamme, ebenso wenn man das Pulver in die Flamme eines Bunsenbrenners bläst.

Mit Chlor, Brom und Jod verbindet sich Aluminium beim Erhitzen leicht. Trockenes Ammoniak sowie Schwefelwasserstoff wirken auf Aluminium nicht ein.

Auch feuchte Luft greift das Aluminium verhältnismäßig wenig an, insbesondere je reiner es ist, jedoch wird das Metall unter diesem Einfluß grau und unansehnlich.

Destilliertes Wasser bewirkt nur einen geringen gleichmäßigen Angriff unter Bildung eines weißlichen Belages von Aluminiumoxyd. Dagegen greift Leitungs- (salzhaltiges) Wasser sehr stark an, insbesondere ist dies der Fall, wenn das Metall stark gereckt ist (Walzbleche, gezogene Gefäße). Hierbei bilden sich — was besonders gefährlich ist — örtliche Anfressungen, Aufbeulungen an der Oberfläche, Aufblätterungen an den Schnittkanten und zwar um so stärker, je stärker die Kaltreckung war. In der Wärme sowie bei gleichzeitiger Einwirkung von Kohlensäure wird der Angriff noch erheblich verstärkt. Eine Erhitzung des kalt gewalzten Materials auf etwa 450° verhindert den Eintritt dieser lokalen Anfressungen. Für Gefäße und dergl. ist daher diese Nachbehandlung nach dem Ziehen unbedingt zu empfehlen, sie ist naturgemäß nur zulässig, wenn die durch diese Erhitzung eintretende Verminderung der Festigkeit und Härte mit in Kauf genommen werden kann[6]). Manche Anstriche wirken infolge Salzgehalts korrosionsfördernd [15]).

Bei Einwirkung von Meerwasser treten im allgemeinen die bei Leitungswasser besprochenen Korrosionen auf, jedoch sind die Beulenbildungen stärker, die Aufblätterungen schwächer.

Von Bauer und Vogel ist eine Schutzbehandlung gegen Korrosion durch Meerwasser empfohlen worden s. u. unter Oberflächenbehandlung.

Verhalten gegen Säuren: In Salzsäure ist Aluminium leicht löslich, durch Siliziumgehalt entsteht hierbei z. T. Siliziumwasserstoff (Geruch), ein kleiner Teil des Siliziums wird zu Siliziumdioxyd oxydiert, die größte Menge bleibt als graphitisch aussehender Rückstand zurück. Salpetersäure wirkt in der Kälte fast gar nicht, beim Erhitzen nur sehr langsam lösend auf das Metall, zum Lösen von etwa 10 g nicht zu feiner Späne sind mehrere Tage notwendig; jedoch geht die Lösung bedeutend schneller vor sich, wenn das Aluminium mit anderen Metallen legiert ist. Auch verdünnte Schwefelsäure greift das Aluminium nur sehr wenig an, konzentrierte löst es schneller unter Zersetzung eines Teiles der Säure (Bildung von freiem Schwefel und Schwefelwasserstoff). Verdünnte Essigsäure und Zitronensäure lösen Aluminium erst bei höherer Temperatur, die Anwesenheit von Natriumchlorid begünstigt den Angriff. Kohlensäure, Phosphorsäure, Milchsäure sowie Borsäure greifen das Aluminium kräftig an (wichtig für Nahrungsmittel), jedoch bilden sich keine gesundheitsschädlichen Verbindungen. Dagegen soll Alkohol sich mit Aluminium unter Bildung giftiger Substanzen zersetzen.

Verhalten gegen Alkalien: In Natron- und Kalilauge ist Aluminium leicht unter Bildung von Wasserstoff löslich. Ammoniaklösung greift das Metall langsamer an.

Die meisten Salzlösungen, besonders die von Kalziumsalzen greifen Aluminium an wie Leitungswasser, teilweise stärker als dies, der Angriff ist je nach der Konzentration sehr verschieden stark[6]). Ammoniumsalzlösungen wirken lösend, Metallchloridlösungen mit Ausnahme der Chloralkalien nehmen Aluminium unter Bildung von Chlorüren oder basischen Chloriden auf.

Quecksilber (und Quecksilbersalze) haben eine sehr augenfällige und gefährliche Wirkung auf das Aluminium. Kommt das Metall damit in Berührung, so beginnt es sich mit großer Schnelligkeit zu oxydieren, aus den angegriffenen Stellen wächst Aluminiumoxyd — oft mit sichtbarer Geschwindigkeit — moosartig heraus, (anscheinend wird durch die amalgamierende Wirkung die feine schützende Oxydhaut des Metalls zerstört bzw. wirkt

das Quecksilbersalz als Sauerstoff-Überträger)[7]).

Schwer schmelzbaren Metallen, insbesondere dem Stahl, zugesetzt entzieht das Aluminium diesen den darin gelösten Sauerstoff, wirkt also als technisch in dieser Beziehung sehr wichtiges Desoxydationsmittel.

Werden Oxyde hoch schmelzender Metalle, insbesondere von Eisen, Chrom, Mangan mit Aluminiumpulver gemischt und genügend hoch erhitzt, so werden sie unter Entwicklung sehr hoher Temperaturen (bis zu 3000°) reduziert, das Aluminium geht über in Aluminiumoxyd, das bei dieser Bildungsart als künstlicher Korund bezeichnet wird und eine hohe Härte besitzt. Dieser Vorgang ist technisch von sehr großer Bedeutung geworden 1. zur Erzeugung hoher Temperaturen (zum Schweißen), 2. zur Herstellung kohlefreier reiner Metalle der Eisengruppe (Chrom, Mangan) und 3. zur Herstellung des künstlichen Korunds, der als Schleifmittel benutzt wird. Näheres s. weiter unten bei Verwendung, Thermitverfahren[8]).

Aluminium läßt sich leicht mit Farben anstreichen, nachdem es mit Terpentinöl gereinigt ist.

Zum Beizen dient in der Hauptsache Salzsäure oder noch besser Flußsäure, (Lösung: ein Teil Säure auf 500 Teile Wasser). Vor dem Beizen ist das Metall mit Natronlauge zu entfetten. Auch eine Ätzung mit Natronlauge allein (vorteilhaft als 10%ige heiße Lösung, die mit Kochsalz gesättigt ist) gibt eine silberweiße Oberfläche. Ist das Aluminium mit Kupfer legiert, so erhält es allerdings bei dieser Behandlung einen schwarzen Überzug, der sich aber durch Nachbeizen mit Salpetersäure leicht entfernen läßt[9]).

Aluminium legiert sich leicht mit vielen anderen Metallen, technisch wichtige Legierungen, in denen Aluminium das Grundmetall ist, sind die mit Zink, Magnesium, Kupfer, Mangan, Näheres s. unter „Legierungen". Als Bestandteil von Legierungen, in denen es nicht die Hauptmenge ausmacht, ist es wichtig als Zusatz zum Kupfer, s. unter Legierungen, Aluminiumbronze, sowie als verbessernder Zusatz zum Messing (s. unter Legierungen, Kupfer-Zink-Legierungen).

Aluminium gibt darin aufbewahrten Getränken u. U. einen metallischen Beigeschmack, jedoch bilden sich keine gesundheitsschädlichen Stoffe.

Bei der *Materialprüfung* des Aluminiums, das an sich durch sein geringes spezifisches Gewicht leicht erkannt werden kann, muß, da es in den meisten Fällen bei seiner technischen Verwendung legiert wird, immer ausgegangen werden von der Ermittlung der chemischen Zusammensetzung. Im übrigen wird Aluminium geprüft wie dies für Metalle allgemein üblich ist.

Die *Haltbarkeit* des Aluminiums ist in gewisser Weise beschränkt durch den unter Umständen geringen Widerstand gegen korrodierende Einflüsse. Abgesehen von einem Anlassen hart gewalzter oder gezogener Gegenstände ist es für länger zu lagernde Aluminiumgegenstände wichtig, sie mit Vaseline einzufetten, soweit nicht ein Schutz durch Anstriche gegeben ist. Besonders zu hüten ist Aluminium vor der Berührung mit Quecksilber und dessen Verbindungen[7]). Bauer und Vogel haben für Aluminiumgegenstände eine Schutzbehandlung ermittelt. Näheres s. unten unter Oberflächenbehandlung[4]).

Bearbeitbarkeit: Zum Formguß wird Reinaluminium kaum verwandt. Das hohe Schwindmaß ergibt eine kräftige Lunkerung, der durch Zusatz von Eisen oder besser Nickel entgegengearbeitet werden kann. Die Tiegel sollen möglichst frei von Eisen und Silizium sein, da diese Elemente von dem geschmolzenen Aluminium aufgenommen werden (Silizium wird aus Siliziumoxyd reduziert). Die Zerreißfestigkeit der gegossenen Aluminiumstücke ist um so größer, je feiner das Korn ist, also je schneller die Abkühlung war (durch geringe Querschnitte und niedrige Gießtemperatur). Der Formsand soll möglichst trocken verwandt werden. Als Flußmittel kommen Fluoride der Schwermetalle in Betracht.

Zum Zweck der Verwendung als Desoxydationsmittel insbesondere beim Stahlguß wird das Aluminium granuliert, indem es durch ein Sieb in Wasser gegossen wird.

Auf Strangpressen läßt sich Aluminium bei einer Temperatur von etwa 400° zu Stangen verpressen (rund, polygon oder Profile). Hierfür kommen vielfach Aluminiumlegierungen in Betracht.

Aluminium läßt sich sowohl warm (bei etwa 500°) wie kalt gut schmieden und verwalzen, es kann insbesondere auch zu dünnsten Folien, Blattaluminium, ausgewalzt werden. Vorbedingung hierfür ist eine große Reinheit des Metalls. Die Platten werden stehend, mit verlorenem Kopf gegossen. Beim Kaltwalzen wird Aluminium sehr hart, zwischen den Stichen werden daher Zwischenglühungen eingeschaltet.

Sowohl die Ziehbarkeit zu Draht wie die Prägbarkeit (Ziehen von Hohlgefäßen aus Blech) ist sehr gut.

Für manche Zwecke wird das Aluminium in ziemlich feinkörniger oder gar pulveriger Form benötigt. Zur rohen Verteilung wird Aluminium auf eine Temperatur etwas unterhalb des Schmp. — etwa 600° — erhitzt, wobei es brüchig wird, und dann zerstoßen. Die sich bildenden Oxydhäutchen verhindern eine neue Vereinigung der entstehenden Körner. Zur weiteren Zerkleinerung werden die erhaltenen Körner ohne sie abzukühlen in Schüttelmaschinen gebracht, wo sie zu Pulver zerfallen, das durch Sieben sortiert wird. Auf diese Weise werden Körner bis herunter zu $^1/_5$ mm Durchmesser erhalten.

Zur noch weiteren Zerkleinerung für Aluminium-Bronze-Pulver, Aluminium-Brokat, werden diese Körner in erwärmte Stampfapparate gebracht, wo sie bis zu Staubform zerkleinert werden. Hierauf werden sie erneut durch Siebe oder Steigmühlen sortiert.

Das oberflächlich gebildete Aluminiumoxyd wird durch Verreiben mit arabischer Gummilösung entfernt, nach dem Waschen und Trocknen wird dann der Bronze durch Polieren mit fettigen Substanzen der Glanz erteilt.

Mit schneidenden Werkzeugen ist Reinaluminium nicht gut bearbeitbar, es schmiert und neigt zum Reißen. Legieren — insbesondere mit Magnesium oder mit Zinn — verbessert es nach dieser Hinsicht sehr. Wo Legieren nicht am Platze ist, empfiehlt sich Schmieren mit Petroleum. Beim Sägen sollen die Zähne nicht verschränkt werden, die Umfangsgeschwindigkeit von Kreissägen soll bei 20 bis 22 m/sek. am günstigsten sein. Beim Drehen und Fräsen sollen die Werkzeuge recht spitzwinklig sein, beim Bohren ist mit großer Umdrehungsgeschwindigkeit, aber kleinem Vorschub zu arbeiten. Zum Feilen werden raspelartige Feilen benutzt.

Zusammenfügungsarbeiten: Bei Konstruktionen, die aus einzelnen Aluminiumstücken zusammengefügt werden, muß darauf Bedacht genommen werden, daß Aluminium mit anderen Metallen galvanische Elemente bildet, in denen es das unedlere Metall darstellt. Schrauben, Nieten u. dgl. an Aluminiumgegenständen sollen daher auch aus Aluminium hergestellt sein oder aber, wenn dies nicht angängig, durch Zwischenlagen aus Gummi oder dergl. vor direkter Berührung mit dem Aluminium geschützt werden. Die Lötung von Aluminium muß als eine noch nicht völlig gelöste Aufgabe bezeichnet werden. Es sind zwar viele Lötmittel vorgeschlagen, jedoch macht die Schwierigkeit der Entfernung der Oxydhaut, die hohe spezifische Wärme und die Neigung des Aluminiums, mit dem Lötmetall galvanische Elemente zu bilden, die Lötung immer unsicher. Als Legierungen zum Löten kommen in erster Linie Legierungen von Aluminium mit Zink in Betracht und zwar mit überwiegendem Zinkgehalt, ferner Legierungen von Zinn und Zink, Zink und Kadmium, vielfach mit Flußmitteln unmittelbar versetzt. Möglich ist eine Lötverbindung, wenn man die Teile vorher verzinnt und dann mit gewöhnlichem Zinnlot lötet. Schweißen läßt sich Aluminium dagegen verhältnismäßig gut. Hierzu wird das Metall auf 400° oder mehr erwärmt und ohne oder mit Flußmitteln (Alkalichloride) zusammengehämmert.

Oberflächenbehandlung: Zum Reinigen (Polieren) von Aluminiumgegenständen dient Putzpaste aus Polierrot und Talg. Nicht polierte Gegenstände (Geschirre u. dgl.) werden mit Holzasche, geschlämmten Schmirgel oder Quarzsand gesäubert. Braun angelaufene Gegenstände werden in einer verdünnten Lösung von Alaun und Weinstein gekocht. Zum Mattieren wird das Aluminium mit Alkali gebeizt s. o., oder mit dem Sandstrahlgebläse behandelt. Auch eine mehrtägige Behandlung mit Schwefelsäure mit nachfolgendem Abbürsten bringt einen schönen matten Glanz hervor. Dunkle Beizfarben sind auf verschiedenen Wegen zu erzielen, insbesondere ist vorgeschlagen das Bestreichen mit Eiweiß, Fett, Harz und anderen organischen Stoffen mit nachfolgender Erhitzung (Einbrennen). Eine große Reihe von Patenten ist ferner erteilt auf die Behandlung des Aluminiums mit Metall-(z. B. Kobalt-)salzen zur Erzielung eines festen dunklen Überzuges. Vielfach wird hierzu das Aluminium vorher verzinkt. Mit Farbenüberzügen läßt sich Aluminium gut versehen, vorausgesetzt, daß es vorher gut gereinigt wurde. Dagegen ist die Herstellung galvanischer Niederschläge auf Aluminium wegen der großen Lösungstension des Metalls in den galvanischen Bädern und der Schwierigkeit, eine oxydfreie Oberfläche zu erhalten, eine etwas schwierige Aufgabe. Die meisten der vielen vorgeschlagenen Verfahren stehen unter Patentschutz, ohne daß damit ihre Brauchbarkeit verbürgt ist. Wegen näherer Angaben sei auf die Literatur verwiesen[9]). Aluminium läßt sich mit anderen Metallen plattieren, die Überzüge sind aber meist wenig haltbar. Praktische Bedeutung hat dagegen eine Verzinkung durch Anreiben zum Zweck einer nachfolgenden Vernickelung, Versilberung oder Vergoldung[9]).

Zur Verhütung von Korrosionen haben Bauer und Vogel[4]) folgendes Verfahren

vorgeschlagen: Die Gegenstände werden in einer Lösung aus

1000 ccm destilliertem Wasser
25 g Kaliumkarbonat
25 g Natriumbikarbonat
10 g Kaliumbichromat

2—4 Stunden lang auf 90—95° erhitzt, das Metall wird dabei hell- bis dunkelgrau. Nach der Behandlung wird mit Wasser abgespült.

Verwendung des Aluminiums: Eine wesentliche Verwendung des Aluminiums beruht auf seiner Leichtigkeit, die es geeignet macht als Konstruktionsmaterial für solche Zwecke, wo es auf geringes spezifisches Gewicht ankommt, also in erster Linie im Luftschiffbau, bei der Konstruktion von Flugzeugen, im Bau von Motoren, für Automobile, wo es zu Gehäusen verwandt wird. Allerdings werden hier wegen der geringen Festigkeit des Reinaluminiums im wesentlichen nur Aluminiumlegierungen verwandt. Bei der Ausrüstung des Heeres ist das Bestreben zur Verwendung von Aluminium stets sehr groß gewesen, insbesondere dient es zur Herstellung von Kochgeschirren, Feldflaschen, Beschlägen von Wagen. Versuche, die normalerweise aus Messing hergestellten Patronenhülsen aus Aluminium zu fertigen, sind bislang nicht von Erfolg gekrönt gewesen.

Im Haushalt werden Kochtöpfe und andere Geschirre aus Aluminium verwandt, ferner dient Aluminium zur Herstellung von Schlüsseln, Fassungen u. dgl. von optischen und anderen Instrumenten.

Die verhältnismäßig noch gute Leitfähigkeit für Elektrizität hat dem Aluminium eine bemerkenswerte Verwendung in der Elektrotechnik verschafft. Hierbei ist beim Vergleich mit Kupfer zu bemerken, daß die geringere Leitfähigkeit in gewisser Weise wettgemacht wird durch das niedrige spezifische Gewicht, so daß bei Zugrundelegung gleicher Gewichte die Leitfähigkeit eines Aluminiumdrahtes die eines Kupferdrahtes noch übertrifft. Besondere Verwendung für Freileitungen hat Aluminium in Amerika gefunden. Vorteile gegen Kupfer sind ein geringerer Preis, geringere Belastung der Maste und Isolatoren. Größer noch als bei Freileitungen ist die Ersparnis gegen Kupfer bei Sammelschienen. Weniger günstig stellt sich das Verhältnis bei isolierten Kabeln. Für nackte Erdleitungen kommt Aluminium wegen seiner großen Angreifbarkeit nicht in Betracht, auch für Schwachstromfernleitungen ist es nicht zu verwenden. Für Schaltbrett- und Verteileranlagen in elektrischen Zentralen ist die Verwendung von Aluminium sehr vorteilhaft, auch für Stromabnehmerbügel bei elektrischen Bahnen wird das Metall verwandt; von Vorteil ist hierbei, daß die Abnutzung der Leitungsdrähte durch das weiche Aluminium sehr gering ist. Im Bau elektrischer Apparate wird Aluminiumdraht ebenfalls im großen Maße verwandt, soweit seine schlechte Lötbarkeit hier nicht hindernd ist, elektrische Maschinen mit Wicklungen aus Aluminium haben einen um 0,5—2% geringeren Wirkungsgrad, als die mit Kupferwicklung[10]). Noch zu nennen ist die Verwendung von Aluminium in der Elektrotechnik zu Gleichrichtern in der Weise, daß es als Anode in einer Zelle gebraucht wird, in der beim Stromdurchgang an der Anode Sauerstoff entwickelt wird. Diese Zellen dienen zur Abdrosselung von Strömen und zur Gleichrichtung von Wechselstrom, Näheres s. [11]). Versuche, Akkumulatoren aus Aluminium zu bauen, haben noch zu keinem befriedigenden Erfolge geführt.

Als Blattmetall und Bronzepulver dient Aluminium zur Herstellung unechter Versilberungen für Holz, Papier, Leder und auch für Metalle als hitzebeständiger Anstrich.

Als Überzug für andere Metalle, insbesondere für Eisen (Rostschutz) hat das Aluminium keine große Bedeutung gewonnen, da es selbst unter dem Einfluß der Atmosphärilien zum mindesten unscheinbar wird. Hergestellt werden solche Überzüge durch Eintauchen der zu überziehenden Gegenstände in geschmolzenes Aluminium, auf galvanischem Wege und endlich durch ein dem Sherardisieren ähnliches Verfahren (s. unter Zink), das „Kalorisieren", wobei die zu überziehenden Stücke in einem Gemisch aus Aluminiumpulver und Aluminiumoxyd erhitzt werden, Stahl bis zu 950, Kupfer und seine Legierungen bis zu 800°. Durch das Verfahren sollen die behandelten Metallteile gegen hohe Erhitzung besonders widerstandsfähig werden.

In der chemischen Industrie führen sich Gärbottiche aus Aluminium sehr gut ein, vor allem in den Brauereien, in Molkereien und in der Farbenindustrie. Hierbei muß aber darauf geachtet werden, daß nicht durch Zerbrechen von Quecksilberthermometern Quecksilber an die Gefäße gelangen kann (s. oben unter Verhalten gegen chemische Stoffe)[12]).

Die starke Neigung des Aluminiums zur Reduktion von Metalloxyden hat ihm eine große Bedeutung nach verschiedenen Richtungen verschafft. In der Stahlgießerei wird ein Zusatz von Aluminium in sehr kleinen Mengen (0,005—0,1%) beim Guß dem flüssigen Stahl zugefügt, das Aluminium reduziert die in dem Stahl

enthaltenen Oxyde, verhütet das „Steigen" des Stahles und macht ihn dichter. Der Zusatz wird um so höher genommen, je weicher der Stahl ist. Auch für Kupfer-, Mangan- und Nickelguß wird Aluminium in gleicher Weise gebraucht in Mengen bis zu 0,5%.

Noch bedeutungsvoller ist die Verwendung des Aluminiums in der „Aluminothermie"[8]):

H. Goldschmidt stellte fest, daß ein Gemisch aus zerkleinertem Aluminium und einem Metalloxyd (des Eisens oder eines Metalls der Eisengruppe, Chrom, Mangan u. a.) bei Entzündung ohne äußere Wärmezufuhr weiterbrennt und dabei außerordentlich hohe Temperaturen (schätzungsweise 3000°) erzeugt. Hierbei scheidet sich das vorher als Oxyd vorhandene Metall in reiner Form ab (vor allem kohlefrei), außerdem entsteht eine Schlacke als Aluminiumoxyd, der sog. künstliche Korund.

Das zu diesem Zwecke hergestellte und in der weiter unten besprochenen Weise verwandte Gemisch aus Aluminium und Eisenoxyd wird als „Thermit" bezeichnet. Die Verwendung von Thermit geschieht einmal zu dem Zweck der Erzeugung sehr hoher Temperaturen, vor allem bei Schweissungen. Entweder wird das Thermit nur dazu verwandt, um die beiden miteinander zu verschweißenden Eisenstücke zu erhitzen, beispielsweise Rohre, Eisenbahnschienen, insbesondere für elektrische Bahnen oder aber das bei der Reaktion gebildete Eisen wird zur festigenden Umfassung der Schweißstelle bzw. als Füllmaterial für die Schweißfuge gebraucht. Das letztere Moment spielt noch eine besondere Rolle bei der Ausbesserung gebrochener oder abgenutzter Stahlfassonund Schmiedestücke, z. B. Schiffssteven, Wellen, Walzenzapfen. Bei Ausbesserung von Schmiedestücken u. dgl. mit dem aus dem Thermit gewonnenen Eisen kann das Produkt durch Zusatz von Stahlschrot oder auch von Ferro-Mangan, Spiegeleisen, stahlartig gemacht werden.

Thermit wird ferner angewandt als Zusatz beim Guß von Stahlblöcken und Formstücken zur Erzielung eines dichten lunkerfreien Gusses; die bei der Thermitreaktion eintretende hohe Hitze hält den oberen Teil des Blockes warm und verhindert so die Lunkerbildung. Besonders bewährt hat sich in dieser Beziehung das Titanthermit.

Ein zweites wichtiges Anwendungsgebiet hat das Thermitverfahren gefunden zur Herstellung reiner kohlefreier Metalle und Legierungen, insbesondere von solchen, die im Eisenhüttenbetrieb Anwendung finden: Chrom, Mangan, deren Legierungen, Ferrotitan, Ferromangan, Ferrovanadium, Ferromolybdän, Ferrobor sowie von eisenfreien Mangankupfer.

Der beim Thermitprozeß entstehende künstliche Korund, auch als „Corubin" in den Handel gebracht, zeichnet sich durch seine hohe Härte und Schleiffähigkeit aus, er findet Anwendung als Material für Schleifscheiben, außerdem auch wegen seiner hohen Feuerfestigkeit für Ofenauskleidungen, für Tiegel u. dgl.

Ebenfalls wegen der hohen Wärmeentwicklung beim Verbrennen hat das Aluminium Verwendung gefunden bei der Herstellung von Spreng- und Treibmitteln. So ist „Ammonal" ein Sprengmittel, das aus Aluminiumpulver und Salpeter besteht.

Als Blitzlichtpulver findet eine Mischung aus gleichen Teilen Aluminiumpulver und Kaliumperchlorat Verwendung, es ähnelt dem Magnesiumblitzlichtpulver, entwickelt aber weniger Rauch als dieses und ist schwerer entzündlich. Auch in der Feuerwerkerei wird Aluminiumpulver in Funkensätzen u. dgl. gebraucht.

In der Lithographie wird Aluminium an Stelle von Steinen zum Flachdruck benutzt, die Verwendung beruht darauf, daß Aluminium Fett sehr leicht annimmt, daß aber Stellen, die mit Phosphorsäure behandelt wurden, dies nicht mehr tun. Die erzielten Abdrucke sollen sehr gut sein, dabei ist die Aluminiumplatte billiger als der lithographische Stein und wegen der Biegsamkeit leicht für die Schnelldruckpressen zu Zylindern zu biegen[13]).

Im chemisch-organischen Laboratorium wird Aluminium als Wasserstoffentwickler zur Hydrierung von ungesättigten Kohlenwasserstoffkernen, zur Reduktion von Ketonen, Laktonen u. dgl. verwandt in der Weise, daß es in Form von Spänen mit Quecksilber behandelt („aktiviert") wird, es reagiert dann leicht mit Wasser unter Bildung von Aluminiumhydroxyd und freiem Wasserstoff[14]).

Im Kriege gewann das Aluminium besondere Bedeutung als Ersatzmetall für Kupfer und Messing für elektrische Anlagen (s. oben).

Als Ersatz für Aluminium an Stellen, wo es auf das geringe spezifische Gewicht ankommt, kommt einzig das Magnesium und seine Legierungen in Betracht. Dies steht jedoch dem Aluminium sowohl an Festigkeitseigenschaften wie auch hinsichtlich des Widerstandes gegen korrodierende Einflüsse nach.

Aluminiumabfälle, z. B. Fehlgüsse, Späne von der Bearbeitung werden zu neuen Legierungen eingeschmolzen, bei der großen

Buntscheckigkeit der in der Praxis zur Verwendung kommenden Aluminiumlegierungen ist aber bei Stücken unbekannter Herkunft große Vorsicht geboten (Analyse machen). Die leichte Oxydierbarkeit insbesondere der feineren Späne macht es bei altem, länger gelagerten Material erforderlich, es erst mit Flußmitteln allein umzuschmelzen.

Handelsformen sind Gußbarren (meist in Form eingekerbter Stangen, die eine leichte Unterteilung in Blöckchen gestatten), ferner gepreßte Stangen, Bleche, Folien und Pulver. Der Reinheit nach unterscheidet man sehr reines Aluminium mit mindestens 99,3% Reingehalt, und technisches Aluminium mit einem Reingehalt bis herunter zu etwa 98%. Altaluminium ist vielfach legiert, insbesondere mit Kupfer, Zink, Magnesium, normal sind bei jedem Aluminium die Verunreinigungen durch Eisen und Silizium.

Im Frieden wurde Aluminium in Europa vorzugsweise von der Aluminiumgesellschaft Neuhausen in der Schweiz in den Handel gebracht, ferner von dem Aluminiumwalzwerk Wutöschingen (Mannheim). Im Kriege entstanden in Deutschland unter Mitwirkung der Regierung mehrere Aluminiumfabriken, so im Rheinland in Horrem, ferner in Bayern.[16]) Das älteste Werk in Deutschland — bereits im Frieden bestehend — ist das in Rheinfelden. In Österreich wird Aluminium fabriziert in Lend-Gastein, in Frankreich in den Werken von La Praz, bei St. Michel de Maurienne und Froges. England hat Werke in Foyer und Sapfos. In den Vereinigten Staaten besteht eine ziemlich umfangreiche Aluminiumindustrie in New Kensington (Pennsylvanien) und an den Niagara-Fällen.

Aluminium findet sich in gebundener Form außerordentlich verbreitet in der Natur, es bildet von den Bestandteilen der Erdrinde etwa 7,3%, wird also in der Häufigkeit des Vorkommens nur vom Sauerstoff und Silizium übertroffen. Die Form des Vorkommens ist die als Tonerde (Doppelsilikate) ferner als Tonerdehydrat in der Form des Bauxits, der als Ausgangsprodukt für die Herstellung sehr wichtig ist, und als Kryolith (Natriumaluminiumfluorid), der früher vielfach zur Herstellung des Metalls Verwendung fand.

Der zur Herstellung des Aluminiums dienende Bauxit wird vorzugsweise aus Südfrankreich von der Gegend der Rhonemündung bezogen, ferner finden sich ausgedehnte Bauxitlager in Ungarn. Geringere Fundstellen sind in Hessen, Krain, Steiermark, Dalmatien, Antrim in Irland, Amerika, Afrika. Kryolith kommt vorzugsweise aus Grönland.

Zur Gewinnung des Aluminiums wird der Bauxit auf besonderem Wege aufbereitet zu reiner Tonerde (Aluminiumoxyd), die dann im elektrischen Ofen zu reinem Metall reduziert wird.

Über die Produktion von Aluminium gibt die nachfolgende Tabelle Auskunft, die gleichzeitig die Preisbewegung angibt, soweit sie bekannt geworden ist.

Übersicht über die Weltproduktion von Aluminium:

Produktionsland	1902	1903	1904	1905	1906	1907
	Aluminium in Tonnen					
Vereinigte Staaten, Kanada	3 300	3 400	3 800	4 500	6 000	8 000
Deutschland, Österreich-Ungarn, Schweiz	2 500	2 500	3 000	3 000	3 500	4 000
Frankreich	1 400	1 600	1 700	3 000	4 000	6 000
England	600	700	700	1 000	1 000	1 800
Italien	—	—	—	—	—	—
Norwegen	—	—	—	—	—	—
Insgesamt etwa	7800	8200	9300	11 500	14 500	19 800
Durchschnittlicher Jahrespreis in Mark für 1 kg	2,35	2,35	2,35	3,50	3,50	3,50

Produktionsland	1908	1909	1910	1911	1912
	Aluminium in Tonnen				
Vereinigte Staaten	6000	13200	16100	18000	18000
Kanada		2800	3500	2300	8300
Deutschland	4000	5000	8000	8000	12000
Österreich-Ungarn					
Schweiz					
Frankreich	6000	6000	9500	10000	13000
England	2000	2800	5000	5000	7500
Italien	600	800	800	800	800
Norwegen	—	600	900	900	1500
Insgesamt etwa	18600	31200	43800	45000	61100
Durchschnittlicher Jahrespreis in Mark für 1 kg	1,75	1,35	1,45	1,20	1,50

[1]) Ausfuhr.

Während des Krieges ist in fast allen Ländern die Erzeugung außerordentlich gesteigert worden, sodaß die Weltproduktion (nach Tröger) von 68000 t auf 193000 sich steigert.

Bis zum Kriege hat Deutschland viel Aluminium eingeführt, im Jahre 1912 war die Einfuhr 18000 t, die Ausfuhr nur 2000 t. Die Einfuhr geschah zum größten Teil aus der Schweiz (etwa $^2/_3$ der Gesamteinfuhr), der Rest kam aus Frankreich, Österreich und England. Im Krieg erstand in Deutschland wie bereits erwähnt eine eigene große Aluminiumindustrie, deren Produktion nach Tröger[16]) 40000 t erreichen kann.

Die *besonderen Vorzüge* des Aluminiums bei seiner technischen Verwendung sind vor allem begründet in seiner großen Leichtigkeit und der leichten Verarbeitbarkeit durch Ziehen u. dgl. Für Deutschland ist es insofern noch von besonders wirtschaftlicher Bedeutung, weil die Rohstoffe für seine Herstellung vorhanden sind, so daß das Aluminium vielleicht berufen ist, als Ersatzmetall für Kupfer und Kupferlegierungen uns von der Notwendigkeit großer Kupfereinführungen aus Amerika freizumachen; allerdings ist zu bedenken, daß die Herstellung des Aluminiums bei den nicht sehr großen Wasserkräften in Deutschland (Erzeugung der Elektrizität für die Herstellung) verhältnismäßig teuer werden wird, so daß bei billigen Kupferpreisen die deutsche Aluminiumindustrie einen schweren Stand haben wird. Die an sich für technische Verwendungen zu geringe Festigkeit des Aluminiums wird durch Legieren verbessert, s. unter Aluminiumlegierungen. Für manche Zwecke ist — besonders auch beim legierten Material — der Korrosionswiderstand etwas gering.

Literatur:

1. Krause, Das Aluminium und seine Legierungen, Wien u. Leipzig 1916.
2. Winteler, Die Aluminiumindustrie, Braunschweig 1903. (Diesen beiden umfassenden Werken sind die Angaben des Artikels entnommen, soweit nichts anderes bemerkt wurde.)
3. Wüst, Metallurgie **1909,** 1769.
4. Bauer u. Vogel, Mitt. Mat. Prüf. **1915,** 146. Intern. Z. f. Mettallographie **8,** 152 (1916).
5. Deutsch, Metallphysik, Braunschweig 1916.
6. Heyn u. Bauer, Mitt. Mat. Prüf. **1911,** 2.
7. Mohr, Zentrbl. **1913 II,** 320. — Kohn-Abrest, Zentrbl. **1912 II,** 413. — Dieselben u. Rivera Maltes, Compt. rend. **1912,** 1600, Zentrbl. **1912 II,** 484.
8. Drucksachen der Firma Goldschmidt AG., Essen.
9. Buchner, Hilfsbuch für Metalltechniker, Berlin 1916.
10. Richter, Elektrische Maschinen mit Wicklungen aus Aluminium, Zink und Eisen, Braunschweig 1916.
11. Z. El. Chem. **4,** 67, **6,** 159, 188.
12. Ditte, Compt. rend. **1899,** 793, Dingl. Journ. **1899,** 62.
Bleisch, Z. d. Gesellsch. f. Brauereiwesen, **1912,** 49, Zentrbl. **1912 I,** 1060.
13. Weilandt, Der Aluminiumdruck.
14. Wislicenus u. Kaufmann, Berliner Berichte 1894.
15. Strunck, Veröffentlichung aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens 1912, Heft 52, Zentrbl. **1912 I,** 1937.
16. Tröger, Z. d. Vereins deutscher Ingenieure 1919, 717.

E. H. Schulz.

Aluminiumazetat, essigsaure Tonerde, lat.: Aluminium aceticum, frz.: acétate d'aluminium, engl. acetate of aluminium. *Chemische Zusammensetzung:* $Al(C_2H_3O_2)_3$, Mol.-Gew. 204,2; Al_2O_3: 25,02%, $(CH_3CO)_2O$: 74,98%. Beim Eindampfen der Lösung von Aluminiumazetat im Vakuum bei 40° C erhält man gummiartige Blättchen von basischem Aluminiumazetat und der chem. Zusammensetzung $Al_2(C_2H_3O_2)_4(OH)_2$.

$3H_2O$ mit 27,02% Al_2O_3, 53,94% $(CH_3CO)_2O$ und 19,04% H_2O. Diese Blättchen lösen sich vollständig und leicht wieder in Wasser.

Volumgewichte der Lösungen in Wasser von 17°:

Vol.-Gew.	° Bé	g Al_2O_3 im Liter
1,012	1,6	5
1,025	3,4	10
1,038	5,0	15
1,050	6,7	20
1,062	8,3	25
1,074	9,9	30
1,086	11,3	35
1,098	12,8	40
1,100	13,0	40,8

Volumgewichte von Nitratbeizelösungen (salpeter-essigsaure Tonerde) bei 17°; durch doppelte Umsetzung von Aluminiumsulfat mit Bleizucker und Bleinitrat erhalten:

Vol.-Gew.	° Bé	g Al_2O_3 im Liter
1,012	1,6	5
1,025	3,4	10
1,039	5,3	15
1,054	7,2	20
1,068	9,1	25
1,083	11,0	30
1,097	12,7	35
1,112	14,4	40
1,126	16,1	45
1,141	17,8	50
1,156	19,4	55
1,160	19,8	56,4

Chemisches Verhalten: Aluminiumazetat reagiert gegen Lackmus sauer und zerfließt an der Luft. Die wäßrige Lösung enthält durch Bildung basischer Azetate freie Essigsäure; der Geschmack der Lösung ist süßlich, zusammenziehend. Die von Fremdsalzen freie Lösung scheidet auch bei längerem Kochen kein basisches Aluminiumazetat aus. Eine mit Fremdsalzen verunreinigte Lösung scheidet beim Erwärmen auf über 70° innerhalb einiger Stunden, beim Kochen sofort den ganzen Aluminiumgehalt als weißes, in kaltem und heißem Wasser unlösliches Pulver aus. Beim Verdampfen der reinen Lösung und Glühen des Rückstandes hinterbleibt Aluminiumoxyd. Der wäßrigen Aluminiumazetatlösung kann durch Zusatz von Ammoniak die Hälfte der Essigsäure entzogen werden, ohne daß Ausscheidung von basischem Azetat erfolgt. Setzt man mehr Ammoniak zu, so bildet sich eine Gallerte. Der Aluminiumazetatlösung kann durch Eintragen von Tonerdehydrat $^5/_6$ der Essigsäure entzogen werden, wenn man die Mischung einige Zeit erwärmt. Die dabei entstehenden, opalisierenden Lösungen können ohne Zersetzung gekocht oder verdünnt werden. Diese Lösungen werden durch Zusatz von Sulfaten des Kaliums, Natriums, Ammoniums, Magnesiums und von Alaun gefällt, nicht aber durch Zusatz von Nitraten oder Chloriden.

Physiologisch wirkt Aluminiumazetat als Adstringens (gegen Ruhr), sowie fäulniswidrig (s. Desinfektionsmittel, 52).

Bestimmung des Tonerdegehaltes: Man kocht die mit Soda neutralisierte Lösung. Das ausgeschiedene bas. Aluminiumazetat wird mit heißem Wasser ausgewaschen, getrocknet, geglüht und als Al_2O_3 gewogen.

Verwendung: Als „Rotbeize" namentlich für Pflanzenfarbstoffe in der Färberei und Kattundruckerei in großen Mengen. Die Anwendung beruht auf der leichten Zersetzlichkeit durch Wasser (bes. beim Dämpfen) und auf der Verwandtschaft der verbleibenden Aluminiumverbindung zu den Farbstoffen. Das gallertige Aluminiumhydroxyd fällt viele Farbstoffe aus ihren Lösungen unter Bildung von unlöslichen, gefärbten Lacken. Das Produkt aus Alaun und Bleiazetat ist wahrscheinlich Aluminiumazetat-Sulfat mit einem Gehalt an K_2SO_4 und ist eine gute Farbstoffbeize. Um die Herstellung des Bleiazetats zu umgehen, fällt man Alaun- oder Aluminiumsulfatlösung mit Sodalösung zu bas. Aluminiumsulfat und löst dieses in Essigsäure. Diese Lösung dient in der Baumwollfärberei, besonders beim Kattundruck zur Hervorbringung roter Krapp-, bzw. Alizarinfärbungen. — Zum Wasserdichtmachen von Geweben: Die hierfür gebrauchte essigsaure Tonerdelösung stellt man zweckmäßig durch Umsetzung von Bleiazetat mit Alaun her: 25 kg gepulv. Alaun in 80 l kochendem Wasser gelöst, werden mit 18 kg Bleiazetat versetzt. Man dekantiert vom Bleisulfat ab und verdünnt die Lösung auf 6° oder 3° Bé. Nach dem Imprägnieren mit dieser Lösung werden die Gewebe möglichst langsam getrocknet. Die Gewebe können mit einer Lösung von 30—40 g Paraffin auf 1 l Benzin nachbehandelt werden (Deutsche Färberzeitung 1910, Nr. 48). Weiße und hellfarbige Gewebe werden in einem essigs. Tonerdebad von 4—5° Bé und 40° C getränkt, dann in ein Seifenbad gebracht (1 kg Marseiller Seife in 20 l Wasser) und hierauf durch ein 2%iges Alaunbad gezogen, getrocknet und die Seifenpartikelchen durch Abbürsten entfernt. Oder: Tuchartige Gewebe werden zum Wasserdichtmachen 12 Stunden lang in einer Lösung von 5° Bé eingeweicht, getrocknet und bei 50—60° C gedämpft. — Zur Herstellung von hochwertigem bas. unlösl. Aluminiumazetat mit 72% Essigsäure be-

handelt man die neutrale, wässrige Aluminiumazetatlösung für sich unter Druck oder mit Essigsäure (DRP. 160348). — Zur Herstellung von Brandsalbe 10 g essigs. Tonerde und 3 g Borsäure mit 40 g Wasser oder Kalkwasser und 50 g Vaselin (L. Münch, Pharm. Zentrh. 1911, 873). Nach E. Strohbach als „Eston" (basisch essigs. Tonerde in Salbenform), zur Herstellung antiseptischer Hautsalbe (10 g wasserfreies Lanolin, 50 g Olivenöl und 50 g essigs. Tonerde (Techn. Rundschau 1910, 211); zum Konservieren von Fleisch vorgeschlagen. S. a. Desinfektionsmittel, 52. An Stelle von Aluminiumazetat verwendet man in der Färberei auch Aluminiumformiat, Natriumaluminat, Antimontrifluorid.

Preise: Aluminiumazetat,

techn. flüssig,	8°	Bé	% kg	M. 17,00
,,	,, 10—12°	Bé	% ,,	,, 19,00
,,	,, 10—15°	Bé	% ,,	,, 25,50
eisen- und sulfatfrei, f. Alizarindruck 10° Bé . .			% ,,	,, 57,00
techn. entwässert, basisch			% ,,	,, 170,00
rein flüssig (5%)			% ,,	,, 22,00
,, ,, (8%) DAV. .			% ,,	,, 23,00
,, Pulver			% ,,	,, 245,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering) Berlin N, Müllerstr. 170/171; Louis Blumer, chem. Fabrik, Zwickau i. Sa.; C. H. Erbslöh, Düsseldorf; Chemische Fabrik Goldschmieden, H. Bergius u. Co., Goldschmieden bei Deutsch-Lissa; Heinrich Kucks, chem. Fabrik, Krefeld; Chem. Fabr. Reisholz, GmbH., Düsseldorf-Reisholz (techn. u. rein.); Dr. Rudolf Reiß, Lenicet- und Euvaselin-Fabrik, Charlottenburg 4; J. D. Riedel AG. Berlin-Britz.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.

Ed. Schenk.

Aluminiumbronze s. Legierungen III.

Aluminiumchlorat s. Desinfektionsmittel 47.

Aluminiumchlorid, Chloraluminium, salzs. Aluminium, lat.: Aluminium chloratum, frz.: chlorure d'aluminium, engl.: chloride of aluminium. *Chem. Zusammensetzung:* $AlCl_3$; Mol.-Gew. 133,45. Al: 20,31%, Cl: 79,69%.

Blendend weiße Kristalle oder farblose, hexagonale Tafeln oder Blättchen, die an der Luft sehr rasch Wasser anziehen und zerfließen. Sublimiert beim Erhitzen ziemlich leicht. Es schmilzt unter erhöhtem Drucke bei 193—194°. Nach Friedel und Crafts siedet Aluminiumchlorid bei

Drucken	von 0,33	atm	bei	167,8° C.
,,	,, 0,41	,,	,,	171,1° ,,
,,	,, 0,57	,,	,,	175,7° ,,
,,	,, 0,99	,,	,,	182,7° ,,
,,	,, 2,37	,,	,,	204,2° ,,
,,	,, 2,64	,,	,,	207,5° ,,
,,	,, 3,60	,,	,,	213,0° ,,

Bei 175—179° zeigt geschmolzenes $AlCl_3$ beim Abkühlen die Erscheinung des Siedens und Sublimierens. Unter gewöhnl. Drucke siedet Aluminiumchlorid bei etwa 183°. Dampfdichte bei 440°: 9,34, bei 835°: 4,51. Bildungswärme für (Al_2,Cl_6) = + 321,87 kcal, für Al_2Cl_6,aq: + 153,69 kcal, für Al_2,Cl_6,aq: + 475,56 kcal. Aluminiumchlorid leitet den elektr. Strom nicht.

Chemisches Verhalten: Aluminiumchlorid ist ein stark wasserentziehendes Mittel, an feuchter Luft zerfließt es unter teilweiser Bildung eines basischen Salzes. Die Alkalimetalle reduzieren es zu met. Aluminium unter Bildung von Alkalichloriden. Met. Zink reduziert es jedoch nicht. Mit Sauerstoff erhitzt findet teilweise Zersetzung unter Abspaltung von Chlor statt. Wasserdampf zersetzt vollständig in Tonerdehydrat und Salzsäure. Mit SO_3-Gas erhitzt, bildet sich Aluminiumsulfat, wobei Chlor und schweflige Säure entweichen. Mit Alkali- und anderen Chloriden wie Phosphorpentachlorid, Phosphoroxychlorid, Schwefeltetrachlorid vereinigt es sich zu Doppelchloriden. Die Lösungen von Alkalichloriden mit Aluminiumchlorid können unzersetzt aus der wässerigen Lösung zur Trockne eingedampft werden. Ferrichlorid färbt es sehr stark.

Aluminiumchlorid löst sich in Wasser in allen Verhältnissen unter Zischen und starker Wärmeentwicklung auf.

Volumgewichte der Lösungen in Wasser bei 15° (Gerlach):

Vol.-Gew.	Proz. $AlCl_3$	Vol.-Gew.	Proz. $AlCl_3$
1,00721	1	1,08902	12
1,01443	2	1,09684	13
1,02164	3	1,10466	14
1,02885	4	1,11248	15
1,03603	5	1,12073	16
1,04353	6	1,12897	17
1,05099	7	1,13721	18
1,05845	8	1,14545	19
1,06591	9	1,15370	20
1,07337	10	1,16231	21
1,08120	11	1,17092	22

Vol.-Gew.	Proz. $AlCl_3$	Vol.-Gew.	Proz. $AlCl_3$
1,17953	23	1,28080	34
1,18815	24	1,29046	35
1,19676	25	1,30066	36
1,20584	26	1,31086	37
1,21493	27	1,32106	38
1,22406	28	1,33126	39
1,23310	29	1,34146	40
1,24219	30	1,35224	41
1,25184	31	1,35359	41,126
1,26149	32		
1,27115	33		

Löslich auch in Alkohol, Äther und Pyridin unter Erwärmen. In Methylalkohol unlöslich, wenig löslich in Schwefelkohlenstoff.

Sättigt man die wässrige Lösung von Aluminiumchlorid mit gasförmiger Salzsäure oder setzt man Aluminiumsulfat mit Bariumchlorid um, so kristallisiert $AlCl_3.6H_2O$ aus. Beim Erhitzen dieses Salzes entweichen Wasser und Salzsäure und es hinterbleibt Aluminiumoxyd. Das kristallisierte Salz ist an der Luft zerfließlich, in Alkohol ist es sehr leicht löslich. Aus einer Lösung von $AlCl_3$ in Wasser scheidet sich auf Zugabe von Äther und Einleiten von gasförmiger Salzsäure $AlCl_3.6H_2O$ quantitativ aus. Dampft man die wässrige Lösung zur Trockne ein, so entweicht die Hälfte der Salzsäure und es hinterbleibt ein basisches, in Wasser noch völlig lösliches Aluminiumchlorid. Bei wiederholtem Abdampfen hinterbleibt schließlich Tonerdehydrat.

Anwendungen: Aluminiumchlorid dient als Kondensationsmittel in der org. Chemie (Reaktion von Friedel u. Crafts) z. B. zur Herstellung von Acetophenon, Methylanthrachinon und Isobutylxylol (künstl. Moschus), zur Abspaltung von aromatisch gebundenem Wasserstoff (R. Scholl und Ch. Seer, Lieb. Ann. 394, 111 (1912)). — Als Katalysator z. B. bei der Umwandlung von höher siedenden Mineralölen in niedriger siedende Produkte bei der Einwirkung von Kohlenwasserstoff-Halogenaluminium. Es werden z. B. 1000 kg Mineralöl (hochsiedendes Petroleum) mit 50 kg Kohlenwasserstoff-Halogenaluminium in einem Destillierkessel mit Kolonne zum Sieden erhitzt, und zwar derart, daß die Leichtöle bei 110° abdestillieren (Continental-Caoutchouc und Gutta-Percha-Compagnie, DRP. 292387, 1913). — Die wässrige Lösung dient als „Chloralum" wegen der fäulniswidrigen Wirkung als Desinfiziens. — Zum Karbonisieren von Wolle (statt Schwefelsäure oder Salzsäure) zwecks Entfernung pflanzlicher Substanzen (Stroh, Kletten usw.) durch Erhitzen der mit einer Lösung von 5—7° Bé getränkten Wolle auf 100—110° C. Hierbei wirkt der Dampf Salzsäure abspaltend, welche die Karbonisation bewirkt. In der Färberei.

Preise: Aluminiumchlorid, % kg M.
techn. flüssig (20° Bé) für Färbereien 15,5
„ „ (30° Bé) zum Karbonisieren 18,00
entwässert, techn. 1 kg M. 1,40 120,00
„ gerein. 1 „ „ 2,20 180,00
krist., chem. rein 1 „ „ 3,00 270,00

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen; Chem. Fabrik Bernburg, Dr. H. Wagner u. Co., Bernburg; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH. Bettenhausen b. Cassel; Chem. Fabrik Goldschmieden H. Bergius u. Co., Goldschmieden bei Deutsch-Lissa; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz; M. B. Vogel, Leipzig-Lindenau.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Aluminiumeisenbronze s. Legierungen III.

Aluminiumformiat, ameisensaure Tonerde, lat. Aluminium formicicum, frz. formiate d'aluminium, engl. formiate of aluminium. *Chem. Zusammensetzung:* $Al(CO_2H)_3$; Mol.-Gew. 162,1; Al_2O_3: 31,52%. Bildet in wässeriger Lösung eine farblose stark saure Flüssigkeit, die beim Kochen in ähnlicher Weise wie essigsaure Tonerde in basisches Salz und freie Ameisensäure zerfällt.

Unter dem Namen „Alformin" kommt eine Lösung vom spez. Gew. 1,108 bei 15° mit etwa 15—16% Trockensubstanz in den Handel; dieselbe enthält Aluminiumsubformiat, $Al(OH).(H.CO_2)_2$. Diese Lösung wirkt stärker desinfizierend und adstringierend als die offizinelle Aluminiumsubazetatlösung. — Aluminiumformiat wird in immer steigendem Maße in erheblichen Mengen als Beize in der Baumwollfärberei verwendet.

Preise: Aluminiumformiat,
techn. flüssig (10—12° Bé) % kg M. 30,00
„ „ (15° Bé) . . % „ „ 35,00
„ trocken . . . . . % „ „ 200,00
rein flüssig (15° Bé) . . % „ „ 60,00
„ trocken . . . . . % „ „ 400,00
chem. rein, flüssig (23° Bé) % „ „ 275,00

Bezugsquellen: Louis Blumer, chem. Fabrik, Zwickau in Sachsen; Gebrüder Dollfuß Chemnitz; Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer AG., Grünau bei Berlin; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Hannover-Linden; Rudolph Koepp u. Co., Östrich (Rheingau).

Ed. Schenk.

Aluminiumfluat s. Steine V, K.

Aluminiumhydroxyd, Tonerdehydrat, lat.: Alumina hydrata, frz.: aluminium hydraté, engl.: aluminium hydrate. *Chem. Zusammensetzung:* $Al(OH)_3$; Mol.-Gew. 78,13; Al_2O_3: 65,40%, H_2O: 34,60%.

In feuchtem Zustande gallertartige, durchscheinende Masse vom spez. Gew. 2,3; bei gewöhnl. Temperatur getrocknet gummiähnliches oder weißes Pulver. Unlöslich in Wasser, wenig löslich in Ammoniak, leicht löslich in verdünnten Säuren zu Aluminiumsalzen und in Alkalien zu Aluminaten. Tonerdehydrat ist eine schwache Säure; die mit Basen gebildeten Aluminate sind schon durch Kohlensäure zersetzlich. Das dadurch erhaltene Tonerdehydrat unterscheidet sich von dem aus sauren Lösungen durch Alkalien gefällten dadurch, daß es nicht gallertartig und in Säuren, besonders in Essigsäure, schwerer löslich ist. Es ist dies die gewöhnliche Tonerde des Handels. Beim Glühen geht es in Al_2O_3 über. — Leitet man in eine Lösung von Alkalikarbonat Kohlensäure ein, und fügt zugleich die Lösung eines Alkalialuminates hinzu, so fällt weißes Alkalialuminiumkarbonat: $2KHCO_3 + 2KAlO_2 = 2KAlO_2.CO_2 + 2KOH$. Das entstandene Kaliumhydroxyd wird durch Kohlensäure wieder in Bikarbonat umgewandelt. Der erhaltene Niederschlag bildet nach dem Trocknen eine weiße, kreideähnliche Masse und enthält bei 90° noch 5 Mol. H_2O. Die Verbindung löst sich unter Freiwerden von Kohlensäure sehr leicht in verdünnten Säuren, weshalb sie sich zur Darstellung von Tonerdebeizen und antiseptischen Lösungen sehr gut eignet.

Quantitative Bestimmung: Die mit Natriumkarbonat neutralisierte Lösung von Tonerdehydrat in verd. Säure kocht man mit überschüssigem Natriumazetat, filtriert den Niederschlag, wäscht mit kochendem Wasser aus, trocknet, glüht und wägt das Al_2O_3.

Verwendung: Dient zur Herstellung von Aluminiumverbindungen wie Aluminiumoxyd, Aluminaten, Aluminiumsulfat, Alaunen, von Tonerdebeizen wie Aluminiumazetat und Aluminiumformiat (durch Lösen in Essigsäure bezw. Ameisensäure). Nach DRP. Nr. 224074 erhält man Aluminiumformiat durch Eindampfen der wässerigen Lösung unter Zusatz von konzentrierter Ameisensäure bis zur Hautbildung und Kristallisation; als Füll- und Beschwerungsmittel für Kautschuk.

Preise: Tonerdehydrat,

	%	kg M.
techn. weiß, Pulver (60—63%)		30,00
„ „ Teigform	In Essigsäure und Milchs. löslich	45,00
„ „ Pulver	In Essigsäure und Milchs. löslich	98,00
doppelt raffin. gefällt		170,00
chem. rein, gefällt, trocken, alkalifrei		570,00

Bezugsquellen: Chem. Fabrik Bernburg, Dr. H. Wagner u. Co., Bernburg; Chem. Fabrik Goldschmieden H. Bergius u. Co., Goldschmieden bei Deutsch-Lissa; Gebrüder Giulini, GmbH., Ludwigshafen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz, Verein chemischer Fabriken in Mannheim.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Aluminiumlegierungen s. Legierungen III.
Aluminiummessing s. ebenda I, b, 5.
Aluminiumnickelbronze s. ebenda I, c, 1.

Aluminiumoxyd, Tonerde, lat.: Alumina, frz.: oxyde d'aluminium, alumine, engl.: oxide of aluminium. S. auch Farbstoffe I, 87.

Chem. Zusammensetzung: Al_2O_3; Mol.-Gew. 102,2; Al: 53,03%, O: 46,97%.

Lockeres, weißes Pulver ohne Geruch und Geschmack; spez. Gew. 3,75—4,00; kristallisiert als Korund 3,6 bis 3,9, als Saphir und Rubin 3,97—4,18. Spez. Wärme 0,1827. Bildungswärme Al_2O_3 = + 380,2 kcal. Beim Erhitzen schmilzt es erst im Knallgasgebläse zu einem durchsichtigen, harten Glase, bei noch höherer Temperatur verflüchtigt es sich. Amorphes Aluminiumoxyd ist in Salz- und Schwefelsäure löslich. Mit Salmiak wiederholt gemischt und erhitzt geht es als Aluminiumchlorid flüchtig, ebenso verhält sich die salzsaure Lösung der Tonerde beim Abdampfen. Ein Gemenge von Aluminiumoxyd mit Kohlenstoff gibt beim Erhitzen und Überleiten von Chlorgas flüchtiges Aluminiumchlorid. Beim Überleiten von Phosgengas ($COCl_2$) oder Tetrachlorkohlenstoff über erhitztes Aluminiumoxyd entsteht ebenfalls Aluminiumchlorid. Magnesiumpulver reduziert unter Feuer-

erscheinung zu met. Aluminium. Schmelzendes Ätznatron oder ein Gemisch von Natriumkarbonat-Natriumnitrat lösen es zu Natriumaluminat, schmelzendes Kaliumbisulfat bildet Aluminiumsulfat.

Stark geglühtes Aluminiumoxyd kann aufgeschlossen werden durch Digestion mit konz. Schwefelsäure (3 T. Schwefels. und 1 T. Wasser) oder durch Schmelzen mit Kaliumbisulfat. Aus der mit Wasser erhaltenen filtrierten Lösung kann das Aluminium als Oxydhydrat oder basisch essigs. Aluminium gefällt werden.

Verwendung: Aluminiumoxyd dient zur Herstellung von Aluminiummetall: Nach dem Verfahren von Héroult wird Tonerde ohne Flußmittel durch den elektr. Strom zerlegt, wobei die positive Elektrode aus einem Bündel Kupferstäbe, die negative Elektrode aus geschmolzenem Metall, z. B. Kupfer besteht, wobei in diesem Falle das ausgeschiedene Aluminium mit dem Kupfer Aluminiumbronze bildet. — Nach DRP. 133508 wird Aluminiumoxyd mit Teer auf 1300—1500° C unter gleichzeitigem Einleiten von Chlor erhitzt, wobei Aluminiumchlorid und Kohlenoxyd entstehen. Das Aluminiumchlorid wird durch dampfförmiges Natrium, herrührend aus der Elektrolyse geschmolzenen Natriumchlorids, zu Aluminium reduziert. — Zur Herstellung von künstl. Kryolith durch Eindampfen eines Gemisches von 1 Mol. Aluminiumoxyd, 3 Mol. Natriumkarbonat mit Flußsäure. Zur Herstellung von Aluminiumsulfat aus Tonerde und Schwefelsäure, von Aluminiumchlorid durch Überleiten von gasförmigem Chlor über ein Gemisch von Aluminiumoxyd und Kohle, von Aluminaten. Zur Herstellung von Glasuren. Kristallisierte Tonerde dient infolge ihrer Härte als Ersatz für Smirgel und Korund in der Schleifmühlenindustrie. „Alundum" ist ziemlich reine kristallisierte Tonerde und enthält etwa 1% fremde Bestandteile. Je geringer die Verunreinigungen der krist. Tonerde sind, desto härter ist das Material, aber von desto geringerer Zähigkeit. „Abrasit" enthält 95—96% Al_2O_3 neben Eisenoxyd, Titanoxyd und Kieselsäure. „Elektrit" enthält bis zu 40% Eisenoxyd und Kieselsäure. Reine Sorten, wie Alundum, Abrasit, Dynamidon werden auch als feuerfeste Auskleidungen verwendet, da sie Temperaturen von 1800—2000° aushalten.

Deutschland erzeugte im Jahre 1900 aus Bauxit etwa 10000 t Aluminiumoxyd.

Preise:

	%	kg M.
Tonerde, raffin. kalzin., wasserfrei, 98—99%, schwer		95,00
Tonerde, raffin. kalzin., wasserfrei, 98—99%, leicht		180,00
Tonerde, chem. rein, leicht	1 kg	M. 8,00
Abrasit, in Brocken		30,00
„ in Körnern		45,00

Bezugsquellen: Fr. Curtius u. Co., Duisburg; Chem. Fabrik Goldschmieden H. Bergius u. Co., Goldschmieden bei Deutsch-Lissa; Gebr. Giulini, GmbH., Ludwigshafen; E. de Haen, Seelze vor Hannover; C. A. F. Kahlbaum, Adlershof bei Berlin; Reimbold u. Strick, GmbH., Köln a. Rh., Gereonshaus; Verein chemischer Fabriken in Mannheim.

Tonerdeanlagen baut: Fellner u. Ziegler, Frankfurt a. M.-West.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Aluminiumsilber s. Silber, Legierungen 1.

Aluminiumsulfat, schwefelsaure Tonerde, „konzentrierter Alaun"; lat.: Aluminium sulfuricum, Alumen concentratum; frz.: sulfate d'aluminium, sulfate d'alumine; engl.: sulphate of aluminium. *Chemische Zusammensetzung:* $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$; Mol.-Gew. 666,67. $Al_2(SO_4)_3$ wasserfrei: 342,4. Al_2O_3: 15,33%, SO_3: 36,03%, H_2O: 48,64%, für $Al_2(SO_4)_3$: Al_2O_3: 29,85%, SO_3: 70,15%.

Weiche, dünne, perlmutterglänzende Blättchen, die an der Luft beständig sind. Spez. Gew. D_{22}: = 1,767. Spez. Wärme: 0,1855. Bildungswärme: $Al_2O_3,3SO_3,aq$ = + 451,77 kcal. Beim Erhitzen schmelzen die Kristalle unter starkem Aufblähen und verlieren alles Kristallwasser. Spez. Gew. des wasserfreien Salzes 2,74. Das wasserfreie Salz verliert in der Glühhitze, ohne zu schmelzen, Schwefeltrioxyd und geht in Aluminiumoxyd über. Wasserstoff reduziert in der Glühhitze zu Aluminiumoxyd und schwefliger Säure. Mit Salmiak wiederholt geglüht verflüchtigt es sich als Aluminiumchlorid fast vollständig. Aluminiumsulfat ist in Wasser leicht löslich.

Die wässrige Lösung besitzt folgende Leitfähigkeit für den elektr. Strom, bezogen auf Quecksilber von 0° C:

Prozentgehalt	Temperatur	Leitfähigkeit
0,01	18°	9792.10^{-12}
0,087	18°	5204.10^{-11}
0,35	18°	1494.10^{-10}

Volumengewichte der Lösungen in Wasser von 15° C (E. Larsson):

Vol.-Gew.	° Bé	100 kg Aluminiumsulfat-Lösung enthalten kg					100 Liter Aluminiumsulfat-Lösung enthalten kg				
		Al_2O_3	SO_3	Sulfat mit 13 % Al_2O_3	Sulfat mit 14 % Al_2O_3	Sulfat mit 15 % Al_2O_3	Al_2O_3	SO_3	Sulfat mit 13 % Al_2O_3	Sulfat mit 14 % Al_2O_3	Sulfat mit 15 % Al_2O_3
1,005	0,7	0,14	0,32	1,1	1,0	0,9	0,14	0,33	1,1	1	0,9
1,010	1,4	0,27	0,64	2,1	2,0	1,8	0,28	0,65	2,2	2	1,9
1,016	2,1	0,41	0,95	3,1	2,9	2,7	0,42	0,98	3,2	3	2,8
1,021	2,8	0,55	1,27	4,2	3,9	3,6	0,56	1,31	4,3	4	3,7
1,026	3,5	0,68	1,59	5,3	4,9	4,6	0,70	1,63	5,4	5	4,7
1,031	4,2	0,81	1,89	6,3	5,8	5,4	0,84	1,96	6,5	6	5,6
1,036	4,8	0,94	2,20	7,3	6,7	6,3	0,98	2,28	7,5	7	6,5
1,040	5,4	1,07	2,50	8,3	7,7	7,2	1,12	2,61	8,6	8	7,5
1,045	6,1	1,20	2,80	9,3	8,6	8,0	1,26	2,94	9,7	9	8,4
1,050	6,7	1,33	3,11	10,3	9,5	8,9	1,40	3,26	10,8	10	9,3
1,055	7,3	1,46	3,40	11,2	10,4	9,7	1,54	3,59	11,8	11	10,3
1,059	7,9	1,58	3,69	12,2	11,3	10,6	1,68	3,91	12,9	12	11,2
1,064	8,5	1,71	3,98	13,1	12,2	11,4	1,82	4,24	14,0	13	12,1
1,068	9,1	1,83	4,27	14,1	13,1	12,2	1,96	4,57	15,1	14	13,1
1,073	9,7	1,96	4,56	15,1	14,0	13,1	2,10	4,89	16,2	15	14,0
1,078	10,3	2,08	4,84	16,0	14,8	13,9	2,24	5,22	17,2	16	14,9
1,082	10,9	2,20	5,12	16,9	15,7	14,6	2,38	5,55	18,3	17	15,9
1,087	11,4	2,32	5,40	17,8	16,5	15,4	2,58	5,87	19,4	18	16,8
1,092	12,0	2,44	5,67	18,7	17,4	16,2	2,66	6,20	20,5	19	17,7
1,096	12,6	2,55	5,95	19,7	18,3	17,0	2,80	6,52	21,5	20	18,7
1,101	13,1	2,67	6,22	20,5	19,1	17,8	2,94	6,85	22,6	21	19,6
1,105	13,7	2,78	6,49	21,4	19,9	18,6	3,08	7,18	23,7	22	20,5
1,110	14,2	2,90	6,76	22,3	20,7	19,3	3,22	7,50	24,8	23	21,5
1,114	14,7	3,01	7,02	23,2	21,5	20,1	3,36	7,83	25,9	24	22,4
1,119	15,8	3,13	7,29	24,1	22,4	20,9	3,50	8,16	26,9	25	23,3
1,123	15,8	3,24	7,55	24,9	23,1	21,6	3,64	8,48	28,0	26	24,3
1,128	16,3	3,35	7,81	25,8	23,9	22,3	3,78	8,81	29,1	27	25,2
1,132	16,8	3,46	8,06	26,6	24,7	23,1	3,92	9,13	30,2	28	26,1
1,137	17,4	3,57	8,32	27,5	25,5	23,8	4,06	9,46	31,2	29	27,1
1,141	17,9	3,68	8,58	28,3	26,3	24,5	4,20	9,79	32,3	30	28,0
1,145	18,3	3,79	8,83	29,1	27,1	25,3	4,34	10,11	33,4	31	28,9
1,150	18,8	3,89	9,07	30,0	27,8	26,0	4,48	10,44	34,5	32	29,9
1,154	19,2	4,00	9,32	30,8	28,6	26,7	4,64	10,76	35,5	33	30,8
1,159	19,7	4,11	9,57	31,6	29,3	27,4	4,76	11,09	36,6	34	31,7
1,163	20,1	4,21	9,82	32,4	30,1	28,1	4,90	11,42	37,7	35	32,7
1,168	20,6	4,32	10,06	32,2	30,8	28,9	5,04	11,74	38,8	36	33,6
1,172	21,1	4,42	10,29	34,0	31,6	29,5	5,18	12,07	39,9	37	34,5
1,176	21,6	4,52	10,53	34,8	32,3	30,1	5,32	12,40	40,9	38	35,5
1,181	22,1	4,62	10,77	35,6	33,0	30,8	5,46	12,72	42,0	39	36,4
1,185	22,5	4,72	11,01	36,3	33,7	31,5	5,60	13,05	43,1	40	37,3
1,190	23,0	4,82	11,24	37,1	34,5	32,2	5,74	13,38	44,2	41	38,3
1,194	23,4	4,92	11,47	37,9	35,2	32,8	5,88	13,70	45,2	42	39,2
1,198	23,8	5,02	11,70	38,6	35,9	33,5	6,02	14,03	46,3	43	40,1
1,203	24,3	5,12	11,93	39,4	36,6	34,1	6,16	14,35	47,4	44	41,1
1,207	24,7	5,22	12,16	40,2	37,3	34,8	6,30	14,68	48,5	45	42,0
1,211	25,2	5,32	12,39	40,9	38,0	35,4	6,44	15,01	49,5	46	42,9
1,215	25,5	5,41	12,61	41,6	38,7	36,1	6,58	15,33	50,6	47	43,9
1,220	25,9	5,51	12,83	42,4	39,3	36,7	6,72	15,66	51,7	48	44,8
1,224	26,3	5,60	13,06	43,1	40,0	37,4	6,86	15,99	52,8	49	45,7
1,228	26,7	5,70	13,28	43,9	40,7	38,0	7,00	16,31	53,9	50	46,7
1,232	27,1	5,79	13,50	44,6	41,4	38,6	7,14	16,64	54,9	51	47,6
1,236	27,5	5,89	13,72	45,3	42,1	39,3	7,28	16,96	56,0	52	48,5
1,240	27,9	5,98	13,94	46,0	42,7	39,9	7,42	17,29	57,1	53	49,5
1,244	28,3	6,08	14,16	46,7	43,4	40,5	7,56	17,62	58,2	54	50,4
1,248	28,6	6,17	14,38	47,5	44,1	41,1	7,70	17,94	59,2	55	51,3
1,252	29,0	6,26	14,59	48,2	44,7	41,7	7,84	18,27	60,3	56	52,3
1,256	29,4	6,35	14,80	48,9	45,4	42,3	7,98	18,59	61,4	57	53,2

Vol.-Gew.	° Bé	100 kg Aluminiumsulfatlösung enthalten kg					100 Liter Aluminiumsulfatlösung enthalten kg				
		Al_2O_3	SO_3	Sulfat mit 13 % Al_2O_3	Sulfat mit 14 % Al_2O_3	Sulfat mit 15 % Al_2O_3	Al_2O_3	SO_3	Sulfat mit 13 % Al_2O_3	Sulfat mit 14 % Al_2O_3	Sulfat mit 15 % Al_2O_3
1,261	29,8	6,44	15,01	49,5	46,0	42,9	8,12	18,92	62,5	58	54,1
1,265	30,2	6,53	15,22	50,2	46,7	43,5	8,26	19,25	63,5	59	55,1
1,269	30,5	6,62	15,43	50,9	47,3	44,1	8,40	19,57	64,6	60	56,0
1,273	30,9	6,71	15,63	51,6	47,9	44,7	8,54	19,90	65,7	61	56,9
1,277	31,2	6,80	15,84	52,3	48,6	45,3	8,68	20,23	66,8	62	57,9
1,281	31,6	6,89	16,04	53,0	49,2	45,9	8,82	20,55	67,9	63	58,8
1,285	31,9	6,97	16,25	53,7	49,8	46,5	8,96	20,88	68,9	64	59,7
1,289	32,3	7,06	16,46	54,3	50,5	47,1	9,10	21,20	70,0	65	60,7
1,293	32,6	7,15	16,66	55,0	51,1	47,7	9,24	21,53	71,1	66	61,6
1,297	33,0	7,23	16,85	55,6	51,7	48,2	9,38	21,86	72,2	67	62,5
1,301	33,3	7,32	17,05	56,3	52,3	48,8	9,52	22,18	73,2	68	63,5
1,305	33,7	7,40	17,25	57,0	52,9	49,4	9,66	22,51	74,3	69	64,4
1,309	34,0	7,49	17,45	57,6	53,5	49,9	9,80	22,84	75,4	70	65,3
1,312	34,4	7,57	17,65	58,3	54,1	50,5	9,94	23,16	76,5	71	66,3
1,316	34,7	7,66	17,84	58,9	54,5	51,1	10,08	23,49	77,5	72	67,2
1,320	35,0	7,74	18,04	59,6	55,3	51,6	10,22	23,81	78,6	73	68,1
1,324	35,3	7,83	18,23	60,2	55,9	52,2	10,36	24,14	79,7	74	69,1
1,328	35,6	7,91	18,43	60,8	56,5	52,7	10,50	24,47	80,8	75	70,0
1,331	35,9	7,99	18,62	61,5	57,1	53,3	10,64	24,79	81,8	76	70,9
1,335	36,2	8,07	18,81	62,1	57,7	53,8	10,78	25,12	82,9	77	71,9
1,339	36,5	8,16	19,00	62,7	58,3	54,4	10,92	25,45	84,0	78	72,8

100 Teile Wasser lösen bei

Temp.	Tle. $Al_2(SO_4)_3$	Tle. $Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$	Temp.	Tle. $Al_2(SO_4)_3$	Tle. $Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$
0°	31,3	86,85	60°	59,09	262,6
10°	33,5	95,8	70°	66,23	348,2
20°	36,15	107,35	80°	73,14	467,3
30°	40,36	127,60	90°	80,83	678,8
40°	45,73	167,60	100°	89,11	1132,0
50°	52,13	201,4			

Die wässrige Lösung reagiert sauer und schmeckt herb. Setzt man zur Lösung Ammoniak, so erfolgt Ausscheidung von basischen Aluminiumsulfaten. Mit den Sulfaten der Alkalimetalle bildet Aluminiumsulfat Doppelverbindungen, die Alaune, z. B. Kalium-, Natrium- und Ammoniumalaun. Verunreinigungen: Kalium, Eisen, Zink, arsenige Säure, Kochsalz. Quantitative Bestimmung des Al_2O_3-Gehaltes: Man löst 10 g in Wasser, füllt auf ½ l auf und versetzt 50 ccm (= 1 g) der Auffüllung mit geringem Ammoniaküberschusse, kocht kurz auf, filtriert, wäscht, glüht und wägt das erhaltene Aluminiumoxyd.

Verwendungen: Zu Beizen für Baumwollfarbstoffe. Das Aluminiumsulfat muß für diesen Zweck eisen- und säurefrei sein. Man versetzt das neutrale Salz, um es basisch und damit leichter zersetzlich zu machen, mit Soda, Natriumbikarbonat, kohlensaurem Kalk oder Tonerdehydrat. Die so entstandenen basischen Salze können hauptsächlich zum Beizen von Baumwolle verwendet werden. Nach dem Trocknen der gebeizten Faser wird die Tonerde als unlösliche Verbindung durch Behandeln mit Ammoniak, Ammoniumkarbonat, Natriumphosphat, Silikat oder Seife auf der Faser fixiert. Zum Beizen von Wolle und Seide dient das neutrale Salz. — In der Weißgerberei zum Gerben von Leder: Die gereinigten und enthaarten Häute werden in einer warmen Tonerdesulfat-Kochsalzbrühe hin- und hergezogen, wobei sie gegerbt werden. — Zum Leimen von Papier, zum Wasserdichtmachen von Stoffen, zum Härten von Gips, zum Färben von Goldwaren, zur Herstellung von Farben und Farblacken; zum Imprägnieren von Holz und Gespinsten,

um sie feuersicher zu machen, zum Klären von Abwässern (Flockenbildner) Zusatz von 1 : 20000 bis 1 : 50000. Zur Aluminiumgewinnung durch Reduktion von Aluminiumsulfat bei hoher Temperatur durch Einwirkung eines reduzierenden kohlenstoffhaltigen Gasgemisches (DRP. 160286). Zur Herstellung anderer Aluminiumverbindungen: Von Aluminiumazetat durch Umsetzung mit Blei- oder Kalziumazetat, von Aluminiumrhodanat mit Bariumrhodanat, von Kalium-, Natrium-, Ammoniakalaun, von Aluminiumchlorat für Desinfektion und für Zeugdruck mit Kaliumchlorat, zur Darstellung von künstl. Kryolith durch Einwirkung von Natriumfluorid auf wasserfreies Aluminiumsulfat. Wegen seines billigeren Preises dient Aluminiumsulfat in vielen Fällen als Ersatz von Alaun.

Erzeugung von Aluminiumsulfat in Deutschland:

Jahr	t	Wert in 1000 M.
1895	30 836	2217
1900	44 371	2700
1905	55 806	3554
1907	49 473	3728
1908	54 122	3348

Deutschlands Ein- und Ausfuhr von Aluminiumpräparaten nach Menge in t und Wert:

	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1905	192	20	34 776	3043
1906	476	35	39 400	2920
1907	690	69	48 223	4229

		Ammoniak-, Kali-, Natron-, Tonerdealaun, schwefels. und schwefligsaure Tonerde usw. (a + b + c)		a) Ammoniak-, Kali-, Natron-, Tonerdealaun		b) Schwefelsaure und schwefligsaure Tonerde		c) Tonerdenatron, Aluminiumchlorid, essigsaure u. künstl. Tonerde, künstl. Eisstein, Tonerdehydrat künstl., gerein. Bauxit	
		t	Wert 1000 M.	t	Wert 1000 M.	t	Wert 1000 M.	t	Wert 1000 M.
1908	Einfuhr	732	73	—	—	—	—	—	—
	Ausfuhr	—	—	1204	126	22 370	1454	4450	1068
1909	Einfuhr	628	63	—	—	—	—	—	—
	Ausfuhr	—	—	1125	119	28 623	1717	6881	1169
1910	Einfuhr	694	251	—	—	—	—	—	—
	Ausfuhr	—	—	1216	128	23 808	1428	12 942	2252
1911	Einfuhr	783	249	—	—	—	—	—	—
	Ausfuhr	—	—	1211	172	30 107	2852	9374	1859
1912	Einfuhr	780	—	—	—	—	—	—	—
	Ausfuhr	—	—	19 297[1])	3021 [1])	32 421	3021	—	—
1913	Einfuhr	693	253	—	—	—	—	—	—
	Ausfuhr	—	—	24 733[1])	5231 [1])	31 772	2421	—	—

[1]) a + b zusammen.

Preise: Aluminiumsulfat,

	% kg M.
techn.	11,00
raffin. eisenfrei	14,00
„ Pulver	24,00
doppelt raffin. wasserfrei, eisenfrei	78,00
„ „ eisen- und arsenfrei	23,00
gereinigt DAV.	43,00
chem. rein, krist.	280,00
sauer, flüssig, techn.	35,00
„ „ chem. rein	60,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N, Müllerstr. 170/171; Chem. Fabr. Goldschmieden H. Bergius u. Co., Goldschmieden bei Deutsch-Lissa; Gebrüder Giulini GmbH., Ludwigshafen; E. Merck, Darmstadt; Fr. Müller, chem. Fabriken, Staßfurt-Leopoldshall; J. D. Riedel AG., Berlin-Britz; Verein chemischer Fabriken, Mannheim; M. B. Vogel, Leipzig-Lindenau (chem. rein.); Aluminiumsulfatanlagen und -verfahren richtet ein: Otto Krueger, vorm. G. Krueger, Biebrich a. Rh.

Literatur:

A. Berge, Die Fabrikation der Tonerde. Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3. Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.

Jurisch, Die Fabrikation der schwefels. Tonerde (1894).
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1. Ed. Schenk.

Aluminothermie s. Aluminium.
Alundum s. Steine I, 13; Aluminiumoxyd, Verwendung.
Amalgame s. Quecksilber.
Amalgol s. Steine V, k.
Amarantholz s. Holz VII, 36.
Ambergelb s. Farbstoffe I, 68.
Amberger Erde s. Farbstoffe I, 68.
Amberholz s. Holz VII, 27.
Amberit s. Sprengstoffe V, 4, b.
Amboinaholz s. Holz VII, 37.
Ambroid s. Steine I, 3.
Ambroselliputz s. Steine V, L.
Ambrosiusdielen s. Steine V, H.

Ameisensäure, lat.: Acidum formicicum (von formica, die Ameise); frz.: acide formique; engl.: formic acid. *Chem. Zusammensetzung:* CO_2H_2, Mol.-Gew. 46,0.

Wasserklare, schwach rauchende, leicht bewegliche Flüssigkeit, die beim Abkühlen erstarrt. Schmelzp. + 8,6°, Siedep. 99° C, spez. Gew. bei 0°: 1,223. Verbrennungswärme: 61,7 cal (flüssig). Ameisensäure ist in Wasser in allen Verhältnissen löslich.

Volumgewichte der Lösungen in Wasser von 20°, bezogen auf Wasser von 4° (Richardson und Allaire):

Vol.-Gew.	Gew.-Proz. CH_2O_2	Vol.-Proz. CH_2O_2
0,9983	0	0,00
1,0020	1	0,82
1,0045	2	1,64
1,0071	3	2,48
1,0094	4	3,30
1,0116	5	4,14
1,0142	6	4,98
1,0171	7	5,81
1,0197	8	6,68
1,0222	9	7,55
1,0247	10	8,40
1,0371	15	12,80
1,0489	20	17,17
1,0710	25	21,73
1,0730	30	26,37
1,0848	35	31,10
1,0964	40	35,90
1,1086	45	40,82
1,1208	50	45,88
1,1321	55	51,01
1,1425	60	56,13
1,1544	65	61,44
1,1656	70	66,80
1,1770	75	72,27
1,1861	80	77,67
1,1954	85	83,19
1,2045	90	88,74
1,2141	95	94,48
1,2213	100	100,00

In Alkohol und Äther löslich. Ameisensäure übertrifft an Azidität die Essigsäure um das Zwölffache.

Chemisches Verhalten: Beim Erhitzen mit konz. Schwefelsäure zerfällt Ameisensäure in reines Kohlenoxyd und Wasserstoff. Sie zerfällt in ebendieselben Bestandteile beim Erhitzen auf 160° oder mit Rhodiumpulver als Katalysator. Die ameisensauren Salze, Formiate genannt, werden beim Erhitzen unter Bildung von Oxalaten und Wasserstoff zersetzt. Ameisensäure und deren Salze wirken reduzierend. Silbernitrat wird durch Ameisensäure zu met. Silber reduziert; ebenso wird aus Quecksilbersalzen Merkurosalz oder met. Quecksilber abgeschieden. Der Dampf der Ameisensäure ist brennbar. Zur Gehaltsbestimmung titriert man die mit Wasser verdünnte Probe mit Normalnatronlauge und Phenolphtalein als Indikator. 1 ccm n/1 NaOH = 0,046 g Ameisensäure. Gewöhnl. Verunreinigungen: Salzsäure, schwefl. Säure, Schwefel-, Essigsäure, Natriumsulfat.

Verwendung: Die hauptsächlichste Anwendung findet Ameisensäure in der Textilindustrie und in der Lederindustrie. In der Färberei von Wolle und Halbwolle ist sie den allgemein gebräuchlichen Hilfsbeizen wie Weinstein, Oxal- und Milchsäure überlegen. Sie greift die Faser viel weniger an als Schwefel- oder Essigsäure. Beim Beizen von Wolle mit Bichromat verwendet man Ameisensäure an Stelle von Weinstein. Die Ameisensäure reduziert hierbei das Bichromat vollständig und bewirkt eine festere Bindung des Chroms auf der Faser, wodurch die Echtheit der Färbungen erhöht und tiefere Farbtöne erzielt werden. Im allgemeinen bewirkt ein Zusatz von Ameisensäure zum Färbebad vollständiges Ausziehen der Farbbäder und gleichmäßiges Aufziehen der Farbe auf die Faser. In der Seidenfärberei dient die Ameisensäure zum Färben und Avivieren. In der Lederindustrie dient sie beim Gerben zur Verhütung des Faulens der Häute (0,25% Ameisensäure), zum Entkalken und Schwellen der Blößen. Die mit Ameisensäure entkalkten Häute zeichnen sich durch Fülle und weichen Griff aus; ferner dient A. zum Färben von Leder. In der Spiritusindustrie dient die A. zum Säuern der Hefemaischen, um die Gärtätigkeit der Hefe anzuregen. Vermöge ihrer antiseptischen Eigenschaften dient die A. zum Konservieren von Fruchtsäften und ganzen Früchten (Zusatz von 2—3‰ oder auf 1 kg Fruchtsaft oder Marmelade Zusatz von 15 g 10%iger Ameisensäure), von Malzdiastase; in Bierbrauereien und Wein-

kellereien zum Desinfizieren von Fässern. S. a. Desinfektionsmittel, 28.

A. dient ferner zur Herstellung von künstlichen glänzenden Fäden oder Films z. B. aus Viskose nach DRP. 254525, wobei man als Spinnbad eine kalt gesättigte Kochsalzlösung verwendet, die im Liter bis zu 200 g Ameisensäure enthält. Sie dient ferner zur Herstellung von Zelluloseformiaten an Stelle von Zelluloseazetaten, von Formaldehyd durch Überleiten von Ameisensäure und Wasserstoff bei 300° über fein verteiltes Eisen, Nickel, Zink, Blei oder Bimsstein, Glas; von Oxalsäure, von ameisensauren Salzen und von Formylverbindungen.

Als Konservierungsmittel kommt Ameisensäure unter dem Namen „Werderol", „Fruktol" und „Alacet" im Handel vor.

Einige Salze der Ameisensäure, wie Aluminium- und Chromformiat, finden in der Baumwollfärberei und beim Kattundruck sowie in der Türkischrotfärberei als Ersatz der entsprechenden Azetate Verwendung. Die Erzeugung von Ameisensäure beträgt in Deutschland im Jahr etwa 5000 t.

Preise: Ameisensäure,

	techn. % kg M.	chem. rein DAV. % kg M.
25 %	20,00	30,00
30 %	25,00	35,00
50 %	34,00	50,00
65 %	42,00	64,00
75 %	48,00	74,00
85 %	53,00	85,00
90 %	56,00	89,00
98/100 %	—,—	125,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Cassel; Karl Dicke u. Co, Barmen-Rittershausen; Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.; Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer, Grünau bei Berlin; C. Erdmann, chem. Fabrik, Leipzig-Lindenau; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Holler u. Co., Hamburg I, Alsterdamm; R. Koepp u. Co., Östrich (Rheingau).

Literatur:

Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M., Wertvolle Winke über die Verwendung von Ameisensäure.
R. O. Herzog, Chemische Technologie der organischen Verbindungen.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Amerikanisches Gelb s. Farbstoffe I, 20.
Amerikanisches Grün s. Farbstoffe I, 21.
Amerikanisches Vermillon s. Farbstoffe I, 25.

Amethyst s. Steine I, 4.
Amianth s. Steine II B, 17 c.
Amidine s. Stärke 2.
Amidol s. Photogr. Mat. C, 2.
Amidon s. Stärke 2.
Aminobenzol s. Anilin.
Aminophenol s. Photogr. Mat. C, 18.
Ammon- s. Ammonium-.
Ammonal s. Sprengstoffe V, 7 c; s. a. Aluminium.

Ammoniak, Ammoniumhydroxyd, Salmiakgeist; lat.: Liquor ammonii caustici; frz.: ammoniaque; engl.: ammonia. *Chem. Zusammensetzung:* NH_3. Mol.-Gew. 17,03, N: 82,26 %, H: 17,74 %.

In gasförmigem Zustande farbloses stechend riechendes Gas von alkalischem Geschmack, das rotes Lackmuspapier bläut und Kurkumapapier bräunt. An der Luft verschwinden die Färbungen wieder. D = 0,59. 1 L wiegt bei 0° und 760 mm Druck 0,7752 g. Bildungswärme 12,2 kcal. Spez. Wärme für 0—100°: c_0 = 0,38026, c_{100}: 0,41635. Verbrennungswärme 91,3 kcal. Schallgeschwindigkeit bei 0°: 415 m/sec. Kritische Temperatur: 130,0°, kritischer Druck: 113 atm. Bei einem Druck von 6,5 atm. (bei 10°) oder durch Abkühlung auf —40° C unter gewöhnlichem Druck verdichtet sich Ammoniak zu einer farblosen, beweglichen Flüssigkeit von D_0 = 0,6234 und der spez. Wärme 1,22876. Siedep. bei 760 mm Druck: —33,7° C. Sie erstarrt bei —85°. Schmelzp. —75° C. Relativer Brechungsexponent 1,29, absoluter Brechungsexponent 1,000377. Verdampfungswärme —300 kcal. Flüssiges Ammoniak leitet den elektr. Strom sehr schlecht. Beim Abkühlen des fl. Ammoniaks mit fester Kohlensäure und Äther im Vakuum erstarrt es zu weißen durchscheinenden Kristallen. Erstarrungswärme + 7,695 kcal. Schmelzwärme —1,838 kcal.

Dampfspannung von fl. Ammoniak (nach Regnault):

Temp.	Druck	Temp.	Druck
— 30°	866 mm	+ 40°	11 595 mm
— 20°	1392 „	+ 50°	15 158 „
— 10°	2145 „	+ 60°	19 482 „
0°	3183 „	+ 70°	24 676 „
+ 10°	4585 „	+ 80°	30 843 „
+ 20°	6388 „	+ 90°	38 109 „
+ 30°	8701 „	+ 100°	46 608 „

Chemisches Verhalten: Gasförmiges A. zerfällt bei Rotglühhitze in seine Bestandteile. Diese Zersetzung wird durch katalytisch wirkende Stoffe, wie fein verteilte Metalle, beschleunigt. Durch den elektr. Funken wird es ebenfalls in seine Elemente zerlegt. Ein Sauerstoffstrom, in Ammoniakgas geleitet, läßt sich entzünden und brennt

weiter. Ein Gemenge von 2 Vol. A.-Gas mit 1—6 Vol. Sauerstoff verpufft bei der Berührung durch eine Flamme. Leitet man A. über auf etwa 400° erhitztes Alkalimetall, so bildet sich Alkaliamid (z. B. $NaNH_2$). Mit Magnesium entsteht Magnesiumnitrid und Wasserstoff. An der Luft verbrennt A. nicht. Chlorgas in Ammoniak geleitet entzündet sich unter Bildung von weißen Nebeln von Ammoniumchlorid. Bei der weiteren Einwirkung von Chlor entsteht der leicht explodierende Chlorstickstoff. Mit Jod entsteht in ähnlicher Weise der sehr explosive Jodstickstoff. A. verpufft mit Stickoxydgas gemischt durch den elektr. Funken; mit Kohlensäure und bei höherer Temperatur bilden sich Harnstoff und Ammoniumkarbonat. A. wirkt auf Metalloxyde bei höherer Temperatur ähnlich wie Wasserstoff reduzierend.

Ammoniak ist in Wasser unter beträchtlicher Wärmeentwicklung sehr leicht löslich. Eis wird geschmolzen und nimmt unter Temperaturerniedrigung das Gas rasch auf. Wasser von 0° C und 760 mm Druck absorbiert 1146 Vol. = 0,875 Gew.-Teile Ammoniakgas, bei 20° C: 739 Vol. (= 0,526 Gew.-Tle.) Ammoniakgas. Bei zunehmendem Druck ist die Aufnahmefähigkeit des Wassers an Ammoniak größer, bei erhöhter Temperatur kleiner. In Alkohol und Äther ist Ammoniak beträchtlich löslich.

Spez. Gewicht und Gehalt wässriger Ammoniaklösungen bei 15° C, bezogen auf Wasser von 15° = 1 (Lunge u. Wiernik):

Spez. Gew.	Proz. NH_3	1 L enthält NH_3 bei 15°	Korrektion für ± 1°
0,998	0,45	4,5	0,00018
0,996	0,91	9,1	0,00019
0,994	1,37	16,3	0,00019
0,992	1,84	18,2	0,00020
0,990	2,31	22,9	0,00020
0,988	2,80	27,7	0,00021
0,986	3,30	32,5	0,00021
0,984	3,80	37,4	0,00022
0,982	4,30	42,2	0,00022
0,980	4,80	47,0	0,00023
0,978	5,30	51,8	0,00023
0,976	5,80	56,6	0,00024
0,974	6,30	61,4	0,00024
0,972	6,80	66,1	0,00025
0,970	7,31	70,9	0,00025
0 968	7,82	75,7	0,00026
0,966	8,33	80,5	0,00026
0,964	8,84	85,2	0,00027
0,962	9,35	89,9	0,00028
0,960	9,91	95,1	0,00029
0,958	10,47	100,3	0,00030
0,956	11,03	105,4	0,00031
0,954	11,60	110,7	0,00032
0,952	12,17	115,9	0,00033
0,950	12,74	121,0	0,00034
0,948	13,31	126,2	0,00035
0,946	13,88	131,3	0,00036
0,944	14,46	136,5	0,00037
0,942	15,04	141,7	0,00038
0,940	15,63	146,9	0,00039
0,938	16,22	152,1	0,00040
0,936	16,82	157,4	0,00041
0,934	17,42	162,7	0,00041
0,932	18,03	168,1	0,00042
0,930	18,64	173,4	0,00042
0,928	19,25	178,6	0,00043
0,926	19,87	184,2	0,00044
0,924	20,49	189,3	0,00045
0,922	21,12	194,7	0,00046
0,920	21,75	200,1	0,00047
0,918	22,39	205,6	0,00048
0,916	23,03	210,9	0,00049
0,914	23,68	216,3	0,00050
0,912	24,33	221,9	0,00051
0,910	24,99	227,4	0,00052
0,908	25,65	232,9	0,00053
0,906	26,31	238,3	0,00054
0,904	26,98	243,9	0,00055
0,902	27,65	249,4	0,00056
0,900	28,33	255,0	0,00057
0,898	29,01	260,5	0,00058
0,896	29,69	266,0	0,00059
0,894	30,37	271,5	0,00060
0,892	31,05	277,0	0,00060
0,890	31,75	282,6	0,00061
0,888	32,50	288,6	0,00062
0,886	33,25	294,6	0,00063
0,884	34,10	301,4	0,00064
0,882	34,95	308,3	0,00065

In Kalziumchlorid ist Ammoniak bis zu 50% löslich. In absolutem Alkohol, der mit A. gesättigt ist, löst sich Schwefelkohlenstoff sehr reichlich. Ammoniumnitrat absorbiert zwischen —15° und +25° C unter Verflüssigung des Salzes lebhaft Ammoniak.

Elektrische Leitfähigkeit wässriger Ammoniaklösungen bezogen auf Quecksilber von 0° C (F. Kohlrausch):

Prozentgehalt	Temperatur	Leitfähigkeit
0,000017	18°	560.10^{-13}
0,00017	18°	610.10^{-12}
0,0017	18°	2600.10^{-12}
0,017	18°	920.10^{-11}
0,17	18°	310.10^{-10}
0,85	18°	600.10^{-10}
1,7	18°	840.10^{-10}
8,8	18°	120.10^{-9}
18,2	18°	50.10^{-9}

Die wässrige Lösung von A., „Salmiakgeist" genannt, reagiert stark alkalisch. Beim Kochen der wässerigen Lösung läßt sich das A. völlig verflüchtigen.

Verdünntes A. greift die Schleimhäute nur wenig an. Ein Gehalt der Luft an 0,15% A. ruft Reizerscheinungen und Bronchialkatarrh hervor. Konzentriertes A. verursacht starke Entzündungen der Schleimhäute und Bronchien. In Form von Ammoniumchlorid oder -karbonat dem Magen zugeführt, wird es vom Organismus größtenteils in Form von Harnstoff ausgeschieden. Als Gegenmittel gegen A.-Vergiftung werden empfohlen: Künstliche Atmung, Einatmen von heißen Wasserdämpfen.

Gewöhnl. Verunreinigungen: Ammoniumkarbonat, Schmieröl, Alkohol, Azeton.

Verwendung: Ammoniak dient in flüssigem Zustande zur Kälteerzeugung, an Stelle von Salmiakgeist in der Farbstoffindustrie. A. wird weiter verwendet in der Sodafabrikation (sog. Ammoniaksoda); zur Herstellung von Ammoniumverbindungen wie Ammoniumsulfat, Ammoniumchlorid; in der Farbenindustrie und Färberei, Kattundruckerei und Bleicherei, zur Herstellung von Salpetersäure durch Oxydation. von Natriumamid, von Kaliumzyanid durch Überleiten von Ammoniak über ein glühendes Gemenge von Pottasche mit Kohle; zur Herstellung von Natriumzyanid durch Hindurchleiten von A. durch eine Natrium und Kohle enthaltende Schmelze von Natriumzyanid, wobei sich zunächst Natriumamid bildet, das mit Natriumzyanid Natriumzyanamid $Na_2N.CN$ gibt. Dieses wird durch Kohlenstoff zu Natriumzyanid umgesetzt. Zum Entbasten von Seide an Stelle von Marseiller Seife, zur Herstellung von Ammoniakseifen durch Erhitzen von z. B. 34 T. Fett mit 31 T. Ammoniak vom spez. Gew. 0,96 bei 100° und bis 4 atm Druck während mehrerer Stunden.

Deutsche Erzeugung an Ammoniak:

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1900	580	1904	1680
1901	720	1905	2425
1902	1180	1906	2500
1903	1630		

Deutscher Außenhandel an Ammoniak nach Menge und Wert:

	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1906	375	—	1059	—
1907	446	—	1247	—
1908	503	138	1012	281
1909	498	137	945	259
1910	616	169	1303	358
1911	678	196	1501	538
1912[1])	7538	582	1646	467
1913[1])	5472	387	1973	549

[1]) Salmiakgeist und Ammoniakwasser.

Preise: Ammoniak,
wasserfrei in Stahlflasch. 1 kg M. 2,50—3,20
Salmiakgeist,
techn. rein 0,960 (16° Bé) % kg M. 19,00
„ „ 0,925 (22° Bé) % „ „ 33,00
„ „ 0,910 (24° Bé) % „ „ 44,00
„ „ 0,900 (26° Bé) % „ „ 45,00
„ „ 0,890 (28° Bé) % „ „ 50,00
„ „ 0,885 (29° Bé) % „ „ 55,00
„ „ 0,880 (30° Bé) % „ „ 60,00
chem. rein DAV. 0,960 % „ „ 25,00
„ „ „ 0,925 % „ „ 43,00
„ „ „ 0,910 % „ „ 50,00

Bezugsquellen: AG. der chemischen Produktenfabrik Pommerensdorf bei Stettin; AG. für Stickstoffdünger, Knapsack (Kr. Köln); Ammoniakfabrik der ersten städt. Gasfabrik in Leipzig; Ammonium, GmbH., Weitmar (Kr. Bochum); Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N, 39; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Kassel; Chem. Fabrik Buckau bei Magdeburg; Chem. Fabrik Kalk, GmbH., Kalk bei Köln; Chemische Industrie-Aktiengesellschaft, Bochum; Deutsche Ammoniakverkaufsvereinigung, GmbH., Bochum; Gutehoffnungshütte, Oberhausen (Rheinland); Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; Hugo Leitholf, Krefeld; Dr. C. Otto u. Co., GmbH., Dahlhausen a. d. Ruhr; Saccharinfabrik AG. vorm. Fahlberg, List u. Co., Magdeburg-Südost. Ammoniak, wasserfrei: Badische Anilin- und Sodafabrik; Chem. Fabrik Kalk, GmbH., Köln a. Rh.; Chemische Industrie-Aktiengesellschaft, Bochum; Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; August Lüttgen, Mülheim a. Rh.; Wesenfeld, Dicke u. Co., Barmen-Rittershausen.

Apparate und Einrichtungen zur Gewinnung von Ammoniak:
Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Berlin NW 87, Köln-Bayenthal, Dessau I u. II (Bamag.); Heinrich Hirzel, GmbH., Leipzig-Plagwitz; Heinrich Koppers, Essen a. Ruhr; Julius Pintsch AG., Berlin; Zimmermann u. Jansen, GmbH., Maschinenfabrik und Eisengießerei, Düren-Rheinland. Anlagen zur Verbrennung von Ammoniak zu Stickoxyd nach System Frank-Caro baut: Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik AG., Berlin NW 87, Köln-Bayenthal, Dessau I u. II (Bamag.). Anlagen zur Verarbeitung von Ammoniak auf salpetrige Gase: Siegfried Barth, Ingenieur-Büro, Düsseldorf II.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 1.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handbuch d. anorg. Chemie **1**, 1.

L. Spiegel, Der Stickstoff und seine wichtigsten Verbindungen, 1903.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumazetat, essigsaures Ammonium, lat.: Ammonium aceticum; frz.: acétate d'ammoniaque, engl.: acetate of ammonia. Chem. Zus.: $NH_4.CO_2.CH_3$. Mol.-Gew. 77,0. CH_3CO_2H: 77,9%, NH_3: 22,1%. Große geruchlose Kristalle von salzigem Geschmack. Schmelzp. 112,5—114° C. Bildungswärme $NH_3 + CH_3CO_2H = NH_4CH_3CO_2 + 12{,}0$ kcal. In Wasser unter Erwärmen äußerst leicht löslich. Löslich in Alkohol.

Volumgewicht der Lösungen von Ammoniumazetat bei 16° (Hager):

Vol.-Gew.	Proz. $NH_4C_2H_3O_2$	Vol.-Gew.	Proz. $NH_4C_2H_3O_2$	Vol.-Gew.	Proz. $NH_4C_2H_3O_2$
1,008	3	1,042	20	1,0725	37
1,010	4	1,044	21	1,0740	38
1,012	5	1,046	22	1,0755	39
1,014	6	1,048	23	1,0770	40
1,016	7	1,050	24	1,0785	41
1,018	8	1,052	25	1,0800	42
1,020	9	1,054	26	1,0815	43
1,022	10	1,056	27	1,0830	44
1,024	11	1,058	28	1,0845	45
1,026	12	1,060	29	1,0860	46
1,028	13	1,062	30	1,0875	47
1,030	14	1,0636	31	1,0890	48
1,032	15	1,0651	32	1,0905	49
1,034	16	1,0666	33	1,0920	50
1,036	17	1,0681	34	1,0935	51
1,038	18	1,0695	35	1,0950	52
1,040	19	0,0710	36		

Die wässrige Lösung des Salzes reagiert schwach sauer; sie riecht eigentümlich und schmeckt kühlend stechend. Bildet sehr leicht übersättigte Lösungen. Beim Kochen der wässrigen Lösung findet unter Abspaltung von Ammoniak Bildung von saurem Ammoniumazetat statt. Aus der mit Essigsäure versetzten heiß gesättigten Lösung kristallisiert beim Erkalten das saure Salz, $HN_4C_2H_3O_2.C_2H_4O_2$ aus. Bleisulfat ist in der wässrigen Lösung erheblich löslich. Mit Alkohol entstehen Additionsprodukte.

Bei der trockenen Destillation des Salzes findet teilweise Zersetzung unter Abspaltung von Ammoniak statt. Bei 160° destilliert ein saures Ammoniumazetat über, bei höherer Temperatur entsteht Azetamid ($CH_3.CO.NH_3$).

Verwendung: Ammoniumazetat dient als Imprägnierflüssigkeit; in der Medizin (Spiritus Mindereri, C.-B. 1905, I, 669); als Zusatz zu Futtermitteln beeinflußt es den Eiweißumsatz bei Wiederkäuern (Chem. Zentrbl. 1910, I, 1940); in der Färberei. Früher wurde es als saures Salz zum Konservieren von Nahrungsmitteln benutzt.

Preise: Ammoniumazetat,
flüssig DA. IV . . . . % kg M. 39,00
techn. braun . . . . . % kg M. 38,00
gerein. weiß . . . . . % „ „ 53,00
krist., chem. rein . . . % „ „ 200,00

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chemische Fabrik Hoherlehme, GmbH., Werk Frankfurt a. d. Oder; Gebrüder Dollfus, Chemnitz; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Holzverkohlungsindustrie AG., Konstanz (Baden); Alfred Michel, Eilenburg; Friedrich Wachs, Elberfeld.

Literatur:

Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **1**, 3.

Ed Schenk.

Ammoniumchlorid, Chlorammonium, Salmiak, lat.: Ammonium chloratum; frz.: chlorure d'ammonium; engl.: chloride of ammonium. Chem. Zus.: NH_4Cl. Mol.-Gew. 53,49; NH_3: 31,85, HCl: 68,15%.

Weißes luftbeständiges Pulver oder kleine Oktaeder oder Würfel vom spez. Gew. 1,522. Geschmack scharf salzig. Spez.

Wärme: zwischen 15° und 45°: 0,373. Bildungswärme NH_3,aq,HCl,aq = NH_4Cl, aq + 12,270 kcal. Lösungswärme —3,880 kcal. Sublimiert beim Erhitzen ohne zu schmelzen als lockeres Kristallpulver.

In Wasser unter starker Abkühlung sehr leicht löslich. 30 T. Ammoniumchlorid in 100 T. Wasser von 13,3° bewirken eine Abkühlung auf —5,1° C. Hierbei tritt eine Volumvermehrung ein.

Löslichkeit: 100 T. Wasser lösen bei

Temp.	T. NH_4Cl	Temp.	T. NH_4Cl
0°	28,40	60°	55,04
10°	32,84	70°	59,48
20°	37,28	80°	63,92
30°	41,72	90°	68,36
40°	46,16	100°	72,80
50°	50,60	110°	77,24

Volumgewicht der Lösungen von Ammoniumchlorid in Wasser von 15° (Gerlach):

Vol.-Gew.	Proz. NH_4Cl	Vol.-Gew.	Proz. NH_4Cl	Vol.-Gew.	Proz. NH_4Cl
1,00316	1	1,03081	10	1,05648	19
1,00632	2	1,03370	11	1,05929	20
1,00948	3	1,03658	12	1,06204	21
1,01264	4	1,03947	13	1,06479	22
1,01580	5	1,04325	14	1,06754	23
1,01880	6	1,04524	15	1,07029	24
1,02180	7	1,04805	16	1,07304	25
1,02481	8	1,05806	17	1,07575	26
1,02781	9	1,05367	18	1,07658	26,297

In absolutem Alkohol wenig löslich. 100 T. Alkohol von D = 0,939 lösen bei 8° 12,6 T. Salmiak. 1 g NH_4Cl löst sich in 6,00 ccm Alkohol von 0,941 und 15,5° C.

Elektrische Leitfähigkeit der wässrigen Lösung bezogen auf Quecksilber von 0°:

Prozentgehalt	Temperatur	Leitfähigkeit
0,0005	17,6°	1334.10^{-12}*)
0,005	17,9°	1210.10^{-11}*)
0,05	17,98°	1144.10^{-10}
5	18°	859.10^{-8}
10	18°	1661.10^{-8}
20	18°	3147.10^{-8}
25	18°	3765.10^{-8}

*) Bezogen auf Quecksilber von 1° C.

Minimum der Zersetzungsspannung 1,83 Volt.

Ammoniumchlorid verliert an der Luft Ammoniak. Das trockene Salz absorbiert Schwefeltrioxyddampf; beim Befeuchten entsteht unter lebhafter Salzsäureentwicklung Ammoniumsulfat. Mit Eisen- oder Kupferchlorid bildet es Eisenchlorür oder Kupferchlorür, Salzsäure und Stickstoff.

Beim Kochen dissoziiert die wässrige Lösung unter Verlust von Ammoniak, wodurch die Lösung sauer wird. Bei der Einwirkung von Chlor, unterchloriger Säure oder Hypochloriten auf Ammoniumchlorid bildet sich Chlorstickstoff.

Die wässrige Lösung greift Eisen und Blei an. Heiße konzentrierte Salmiaklösung greift Eisenfeilspäne unter Bildung von $2NH_4Cl.FeCl_2$ leicht an; es entweichen dabei Wasserstoff und Ammoniak. Magnesiumpulver wird schon in der Kälte angegriffen.

Beim Erhitzen oder Kochen der Lösung von Ammoniumchlorid mit Metalloxyden oder -hydroxyden, z. B. mit Alkalilaugen oder Erdalkalioxyden entstehen die entsprechenden Metallchloride und Ammoniak wird frei. Mit Natriumthiosulfatlösung entstehen Kochsalz, Ammoniak, schweflige Säure und Schwefel, wobei Ammoniak und Schwefeldioxyd mit dem Schwefel Ammoniumsulfid, resp. Ammoniumpolysulfid bilden. Durch Ammoniumchlorid werden Manganate in Permanganate, Chromate in Dichromate umgewandelt. Kalium- und Natriumnitrat werden vollständig in Ammoniumnitrat umgesetzt.

Ammoniumchlorid erhöht die Harnstoffabscheidung. Die quantitative Bestimmung des Ammoniaks in Ammoniumchlorid erfolgt wie bei Ammoniumsulfat.

Verwendung: Ammoniumchlorid wird verwendet zur Herstellung von anderen Ammoniumverbindungen, zur Herstellung von Chlor durch abwechselndes Überleiten von Salmiakdampf und Luft über erhitzte Manganoxyde oder durch Überleiten der Dämpfe über erhitztes Magnesiumoxyd. Ferner in der Pharmazie, in der Farbenfabrikation, in der Färberei und im Zeug-

druck; in geringem Maße als Düngemitttel; beim Löten und Verzinnnen von Kupfer- und Kupferlegierungen, beim Verzinnen und Verzinken von Eisengegenständen; zur Herstellung von Eisenkitt (Eisenfeile, Schwefelblumen und Salmiak); zum Anfertigen von Leclanché-Elementen (nur bleifreie Qualitäten); als Feuerlöschmittel.

Als Ersatz für Lötzwecke und beim Feuerverzinken dient Zinkchlorid.

Deutschlands Außenhandel in Ammoniumchlorid nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	396	—	2968	—
1908	271	135	2474	1189
1909	251	120	3105	1382
1910	206	99	3577	1610
1911	249	124	4759	2267
1912	278	142	4372	2010
1913	298	143	4639	2271

Von der Einfuhr 1913 entfielen auf Belgien 89,8 t, Großbritannien 107,3 t; ausgeführt wurden: Nach Belgien 250,0 t, Großbritannien 330,9 t, Österreich-Ungarn 520,5 t, Vereinigte Staaten 1912,7 t.

Preise: Salmiak, % kg M.
krist. techn. Kristallpulver . . . 60,00
techn. in großen Kristallen für Verzinkereien 73,00
doppelt gereinigt, weiß 65,00
chem. rein, DAV. 70,00
sublim. Ia, weiß 94,00
„ „ „ granuliert . . . 105,00
Lötsalmiak, Ia 80,00

Bezugsquellen: Chemikalienwerk Griesheim-Elektron, Griesheim a. M.; Chem. Fabrik Altherzberg, Alwin Nieske, Dresden N 8; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Cassel; Chem. Fabrik Buckau, Magdeburg; Chem. Fabrik vorm. Weilerter-Mer, Uerdingen a. Niederrhein; Deutsche Solvay-Werke AG., Bernburg; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Dr. Hauser u. Co., Cöln a. Rh., Gereonshaus; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; Norddeutsche chem. Fabrik Harburg in Harburg a. d. Elbe.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 1.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **1**, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **1**.

Ed. Schenk.

Ammoniumchromalaun, Ammoniumchromsulfat. Chem. Zus.: $(NH_4)_2SO_4Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$. Mol.-Gew. 957. Cr_2O_3: 15,99%, NH_3: 3,55%, SO_3: 33,44, H_2O: 45,14%. Lebhaft violblaue bis rubinrote, schwach durchsichtige Oktaeder von muscheligem Bruch und Glasglanz. Spez. Gew. 1,728. Strich blaß lavendelblau. Geschmack süßlich salzig.

An der Luft verwittern die Kristalle oberflächlich und bedecken sich mit einem perlgrauen Pulver. Beim Erhitzen schmelzen sie unter Abgabe von 18 Mol. Kristallwasser zu einer grünen Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer hellgrünen Masse erstarrt. Das letzte Kristallwasser entweicht erst über 300°.

Ammoniumchromsulfat ist in kaltem Wasser mit blauer Farbe löslich. Aus der Lösung wird durch Zusatz von Alkohol der Alaun wieder ausgefällt. Beim Erhitzen der Lösung auf 75—80° verändert sich infolge Zersetzung des Ammoniumchromsulfats in seine Bestandteile (A.-sulfat u. Chr.-sulfat) die Farbe in grün. Aus dieser Lösung kristallisiert dann kein Ammoniumchromalaun mehr, auch wird diese Verbindung aus der wässerigen Lösung durch Alkohol nicht mehr gefällt.

Preis: % kg M. 100,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; C. A. F. Kahlbaum, GmbH., Adlershof bei Berlin; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie **3**, 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumchromsulfat s. Ammoniumchromalaun.

Ammoniumferrosulfat, „Mohrsches Salz". Chem. Zus.: $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$. Mol.-Gew. 392,42. NH_3: 9,4%, FeO: 18,3%, SO_3: 40,77%, H_2O: 27,5%.

Bläulichgrüne, wasserhelle Kristalle vom spez. Gew. 1,813, die mit Ammoniummagnesiumsulfat isomorph sind.

100 Teile Wasser lösen nach Tobler bei

Temp.	T. wasserfreies Salz	Temp.	T. wasserfreies Salz
0°	12,2	45°	36,2
12°	17,5	55°	40,3
20°	21,6	60°	44,6
30°	28,1	65°	49,8
36°	31,8	75°	56,7

Ammoniumferrosulfat verwittert kaum an der Luft und nimmt keinen Sauerstoff

aus ihr auf. Es wird deshalb in der Maßanalyse als Titersubstanz verwendet. 392,42 g des Doppelsalzes entsprechen 56 g Fe. An Stelle von Ammoniumferrosulfat wurde früher metall. Eisen (Klavierdraht) verwendet.

Preise: Ammoniumferrosulfat,
krist. . . . . % kg M. 44,00
chem. rein, krist. . . . % „ „ 80,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.

Ed. Schenk.

Ammoniumhydroxyd s. Ammoniak.

Ammoniumkarbonat, kohlens. Ammoniak anderthalbfach kohlens. Ammoniak, flüchtiges Hirschhornsalz. Lat.: Ammonium carbonicum, Sal alcali volatile, Sal volatile cornu cervi; frz.: carbonate d'ammoniaque, engl.: carbonate of ammonia. Chem. Zus.: $(NH_4.H.CO_3).(NH_4.CO_2).NH_2$. Mol.-Gew. 157,12. NH_3: 32,52%, CO_2: 56,01%, H_2O: 11,47%. Weiße, durchscheinende, kristallinische Masse, die an der Luft Kohlensäure aufnimmt und Ammoniak abgibt. Verflüchtigt sich beim Erhitzen auf etwa 60° und zerfällt dabei in die Bestandteile Kohlensäure und Ammoniak, die sich an den kälteren Stellen wieder verbinden und niederschlagen. Verwittert an der Luft.

Löslich in 4 T. Wasser von 15° C und in 1,6 T. Wasser von 60° C.

Volumgewichte der Lösungen von Ammoniumkarbonat in Wasser:

Teile Salz in 100 T. Lösung	Spez. Gew.	Teile Salz in 100 T. Lösung	Spez. Gew.
6,58	1,0219	35,85	1,1174
9,96	1,0337	40,23	1,1297
14,75	1,0497	44,90	1,1414
19,83	1,0672	—	—
25,71	1,0863	—	—
29,74	1,0995	—	—

Beim Erhitzen der konzentrierten wässrigen Lösung auf 75° C. entweichen reichliche Mengen von Kohlensäure, bei 85° Ammoniak, wobei sich primäres Ammoniumkarbonat $NH_4.H.CO_3$ bildet, das sich dann beim Kochen der Lösung weiter in Ammoniak und Kohlensäure spaltet.

Aus der wässrigen Lösung wird durch Alkohol primäres Ammoniumkarbonat gefällt. 1 g Ammoniumkarbonat löst sich bei 15,5° C in 10 ccm Alkohol von D = 0,941.

Gewöhnl. Verunreinigungen: Kalk, Blei, Ammoniumsulfat, Ammoniumchlorid, Ammoniumthiosulfat.

Verwendung: Ammoniumkarbonat wird in der Farbenfabrikation, in der Medizin, in der Färberei, Wollwäscherei (A. L. Frenn, Dingl. Journ. 183, 479), zum Reinigen von Stoffen zur Entfernung von Fett und als Backpulver verwendet.

Deutschlands Außenhandel in Ammoniumkarbonat:

Jahr	Einfuhr t	Einfuhr Wert in 1000 M.	Ausfuhr t	Ausfuhr Wert in 1000 M.
1907	800	—	151	—
1908	673	404	145	84
1909	660	356	144	81
1910	774	418	195	105
1911	831	452	136	86
1912	860	516	155	116
1913	762	434	215	160

Preise: Ammoniumkarbonat,
weiß, Stücke . . % kg M. 85,00—90,00
„ Pulver . . % „ „ 92,00—95,00
chem. rein DAV. % „ „ 105,00

Bezugsquellen: Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Altherzberg Alwin Nieske, Dresden-N. 8; Carl Cordes, Magdeburg; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Kunheim u. Co, Berlin NW., Dorotheenstr. 26; F. Schröder u. Co, GmbH., Hamburg 24.

Literatur:

Dammer, Handb der anorg. Chemie 2, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie 1, 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumkupferoxyd, Kupferoxydammoniak, Schweizersches Reagens; frz.: oxyde de cuivre ammoniacal; engl.: oxide of copper and ammonia.

Bildet eine sehr starke komplexe Base; eine bestimmte Verbindung von Kupferoxyd mit Ammoniak gibt es nicht.

Dunkellasurblaue Flüssigkeit, die sich an der Luft allmählich unter Aufnahme von Sauerstoff und Kohlensäure zu Nitrit und Ammonium-Kupferkarbonat oxydiert.

Ammoniumkupferoxyd löst Zellulose bei gewöhnl. Temperatur. Eine Lösung von 45 g Kupfer im Liter kann bis zu 80 g Zellu-

lose lösen. Die Lösefähigkeit wird beeinträchtigt durch die Gegenwart von Kuprinitrit-Ammoniak und von Kristalloiden. Durch Zusatz von Wasser, Alkalien, Säuren, Salzen oder Gummi arabicum wird die Lösung der Zellulose gefällt. Herstellung hochprozentiger Zelluloselösungen durch Lösung von 100 g Kuprochlorid in 900 ccm Ammoniaklösung vom spez. Gew. 0,90 und 50 g Zellulose. Kupferoxydammoniak löst auch Nitrozellulose unter Abscheidung einer braunen Masse auf.

Die ammoniakalische Kupferoxydlösung oxydiert Indigolösung; aus der Lösung wird durch schweflige Säure Kuprooxyd, Cu_2O, gefällt; beim Verdünnen mit Wasser fällt Kupferoxyd aus, ebenso beim Kochen der Lösung, da Ammoniak hierdurch entweicht.

Verwendung: Ammoniumkupferoxyd dient in erster Linie zur Herstellung von Kunstseide, ferner zum Wasserdichtmachen von Geweben, Seilen, Segeltuch, Papier. Man löst hierfür z. B. 20—25 g Kupfer in 1 l Wasser, das 100—150 g Ammoniak enthält und tränkt den Gegenstand mit einem Eiweißstoff oder einer Ferrozyanverbindung oder mit Tannin und dann mit Ammoniumkupferoxyd und trocknet (DRP. 87998). Zum Wasserdichtmachen von Leinen, Jute, Hanf und Baumwollgeweben verwendet man z. B. ein 10° Bé starkes Bad von Ammoniumkupferoxyd, tränkt damit bei 25°, zieht durch 2%ige Ätznatronlösung und trocknet. An Stelle von Ätznatron kann hierbei vorteilhaft ein Bad von Aluminiumsulfat verwendet werden. Ferner zum Konservieren von Holz, zur Erzeugung von fäulniswidrigen Überzügen. Zur Herstellung von Zelluloselösung zum Aufdrucken von Bronzepulvern und anderen Dekorationsmitteln auf Geweben; zum Verkupfern von Glas: 1 Tl. heiß gesättigte Lösung von Kupferhydroxyd in Ammoniak, 1 Tl. frisch destilliertes Phenylhydrazin, 2 Tle. Wasser und Versetzen mit heißer 10%iger Ätzkalilösung, bis das Bad durch ausfallendes Kuprooxyd dauernd getrübt bleibt (Chattaway, Sprechsaal 1908, 119). Zur Herstellung von Pergamentpapier, zum Schwarzfärben von Messing. Zur Herstellung von Gasglühkörpern versetzt man die Lösung von Zellulose in Ammoniumkupferoxyd mit Leuchterden und verarbeitet die Masse zu Fäden (DRP. 135534). Dient als (Schweizers) Reagens zur Unterscheidung der Textilfasern.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.

Ed. Schenk.

Ammoniumnickelchlorid, lat.: Niccolum-Ammonium chloratum; frz.: chlorure de nickel ammoniacal; engl.: chloride of nickel and ammonium. Chem. Zus.: NH_4Cl, $NiCl_2.6H_2O$. Mol.-Gew. 291,4. $NiCl_2$ 44,52%, NH_4Cl: 18,40%, H_2O: 37,08%.

Gelbe bis grüngefärbte Kristalle vom spez. Gew. 1,645, die an feuchter Luft zerfließlich sind. Beim Erhitzen auf 135° verlieren die Kristalle sämtliches Kristallwasser.

Preis: 1 kg M. 6,00.

Bezugsquellen: Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie **5**, 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumnickelsulfat, „Nickelsalz"; lat.: Niccolum-Ammonium sulfuricum; frz.: sulfate de nickel ammoniacal; engl.: sulphate of nickel and ammonium. Chem. Zus.: $(NH_4)_2SO_4.NiSO_4.6H_2O$. Mol.-Gew. 395,1. NH_3: 8,65%, NiO: 18,9%, SO_3: 40,49%, H_2O: 27,3%.

Blaugrüne monokline Kristalle vom spez. Gew. 1,801. In Wasser ziemlich schwer löslich.

100 Teile Wasser lösen nach Tobler bei

Temp.	Teile Ammonium-nickelsulfat	Temp.	Teile Ammonium-nickelsulfat
3,5°	1,8	40°	11,5
10°	3,2	50°	14,4
16°	5,8	59°	16,7
20°	5,9	68°	18,8
30°	8,3	85°	28,6

In kaltgesättigter Ammoniumsulfatlösung fast ganz unlöslich. Beim Erhitzen gibt das Salz ohne zu schmelzen sein Kristallwasser ab.

Verwendung: A. gibt bei der Elektrolyse schön glänzendes metallisches Nickel und eignet sich daher besonders gut zur galvanischen Vernickelung.

Zusammensetzung verschiedener Bäder für galv. Vernickelung:

In je 10 L Wasser löst man:

Ammonium-nickelsulfat	Ammonium-sulfat	Ammonium-chlorid	Borsäure	Zitronen-säure
700 g	—	—	—	—
oder 330 g	70 g	—	—	—
„ 420 g	65 g	—	—	—
„ 600 g	—	300 g	—	—
„ 500 g	—	—	250 g	—
„ 500 g	200 g	—	—	50 g

Um schön mattweiße Nickelüberzüge zu erhalten, verwendet man nach R. F. Clark (Chem.-Ztg. Rep. 1910, 16) ein Bad aus z. B. 60 g Ammoniumnickelsulfat, 15 g krist. Nickelsulfat, 7,4 g Salmiak, 23 g Kochsalz, 15 g Borsäure in 1 l Wasser und 2—2,5 Volt Spannung.

Preise: Nickelsalz, krist. % kg M. 85,00
,, Pulver % ,, ,, 95,00

Bezugsquellen: Gebrüder Borchers, Goslar; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Rickmann u. Rappe, GmbH., Cöln-Kalk.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 5, 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumnitrat, salpetersaures Ammonium, Ammonsalpeter, lat.: Ammonium nitricum, Nitrum flammans; frz.: nitrate d'ammoniaque; engl.: nitrate of ammonia. Chem. Zus.: NH_4NO_3. Mol.-Gew. 80,0; NH_3: 21,27%; N_2O_5: 67,48%, H_2O: 11,25%.

Rhombische Säulen, lange elastische Fäden oder dichte faserige kristallinische Masse von scharf bitterem, unangenehmem Geschmack. An feuchter Luft zerfließlich. Spez. Gew. 1,74. Bildungswärme aus den Elementen: $2N + 3O + 4H = NH_4NO_3$ (fest) + 88,6 kcal. Neutralisationswärme: $HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3 + 12{,}683$ kcal. Schmilzt beim Erhitzen bei 153° zu einer klaren Flüssigkeit, die beim Abkühlen auf 135° erstarrt. Beim vorsichtigen Erhitzen läßt sich Ammoniumnitrat in schönen glänzenden Kristallen bei etwa 190° sublimieren. Im Vakuum ohne Zersetzung destillierbar. Spez. Wärme 0,429. Latente Schmelzwärme bei 0°: 2,816 kcal.

Ammoniumnitrat löst sich in Wasser unter starker Wärmeabsorption. Die Lösungswärme von 1 g-Mol. NH_4NO_3 in 200 Mol. Wasser beträgt —6,3 kcal. 60 T. Salz in 100 T. Wasser gelöst erniedrigen die Temperatur von + 13,6° C auf —13,6° C.

Volumgewichte der Lösungen von Ammoniumnitrat in Wasser bei 17,5° C (Gerlach):

Vol.-Gew.	Proz. NH_4NO_3
1,0425	10
1,0860	20
1,1310	30
1,1790	40
1,2300	50
1,2835	60

100 ccm Wasser lösen bei 15° C 163 g, bei 100° C 871 g Ammoniumnitrat. 1 T. Ammoniumnitrat löst sich bei 25° C in 2,29 T. Alkohol von 66,8 Gew.-Proz. und in 1,1 T. kochendem Weingeist.

Ammoniumnitrat verliert an der Luft etwas Ammoniak und reagiert dann sauer. Beim Erhitzen auf 185—210° zersetzt es sich in Stickoxydul und Wasser; nebenbei entstehen noch Stickoxyd und Ammoniumnitrit. Bei der Zersetzung werden 46 kcal frei. Die Zersetzung wird beschleunigt durch Zusatz fein verteilter Körper, wie Platinschwamm, Bariumsulfat, Kieselerde. Mit Kohle gemischt und erhitzt zerfällt es schon bei 170° sehr heftig, besonders bei Gegenwart von Knallquecksilber. In geschmolzenem Zustande wirkt Ammoniumnitrat als Oxydationsmittel. Zwischen —15° und +25° C absorbiert es unter Verflüssigung lebhaft Ammoniakgas.

Verwendung: Zur Herstellung von Stickoxydul durch Erhitzen (Luft- oder Lachgas als Anästhetikum sowie zur Herstellung von Natriumazid durch Überleiten von N_2O über Natriumamid), zur Herstellung von Gefriersalz für Kältemischungen: 1 T. Ammoniumnitrat und 1 T. Wasser ergeben eine Temperaturerniedrigung von + 10° auf —20° C; eine Mischung von 1 T. Ammoniumnitrat, 1 T. krist. Natriumkarbonat mit 1 T. Wasser ergibt eine solche von + 10° auf —25° C. Die hauptsächlichste Anwendung findet Ammoniumnitrat zur Herstellung von Sprengstoffen (s. d. V, 7). Es bestehen z. B.

„Ammonkarbonit" aus:
80,0% Ammoniumnitrat,
10,0% Kaliumnitrat,
6,0% Roggenmehl,
3,8% Nitroglyzerin,
0,2% Kollodiumwolle.

„Gesteinschromammonnitrat":
77,2% Ammoniumnitrat,
17,3% Trinitrotoluol,
2,5% Chromalaun, krist.
2,5% Kalisalpeter,
(0,5% Feuchtigkeit).

„Tremonit":
40,9% Ammoniumnitrat,
35,0% Dinitrotoluol,
7,4% Natriumoxalat,
1,7% Holzmehl.
1,0% Kollodiumwolle,
6,0% Salmiak,
8,0% Kochsalz.

„Neu-Damonit I":
68,0% Ammoniumnitrat,
2,0% Kaliumnitrat,
2,5% Mehl,
2,0% Kokskohle,
10,0% Trinitrotoluol,
15,5% Alkalichlorid.

„Neu-Damonit II":
65,0% Ammoniumnitrat,
2,0% Kaliumnitrat,
0,5% Pflanzenmehl,
7,0% Kokskohle,
8,0% Trinitrotoluol,
17,5% Alkalichlorid.

„Nobilit":
42,0% Ammoniumnitrat,
28,0% Nitroglyzerin,
20,0% Kochsalz,
1,0% Kollodiumwolle,
5,0% Kartoffelmehl,
4,0% Trinitrotoluol.

„Astralit":
71,8% Ammoniumnitrat (Teilchengröße 1 mm),
10,0% Kochsalz,
10,0% Trinitrotoluol,
0,2% Paraffinöl,
3,0% Roggenmehl,
1,0% Holzmehl,
4,0% Nitroglyzerin.

„Gesteinswestfalit":
91,0% Ammoniumnitrat,
5,0% Harz,
4,0% Aluminiumpulver oder Kalisalpeter

oder

84,5% Ammoniumnitrat,
12,0% Dinitrotoluol,
3,5% Aluminiumpulver.

Deutscher Außenhandel in Ammoniumnitrat nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	3	—	860	—
1908	0,3	0	744	521
1909	2,1	1	1044	731
1910	150,2	105	1299	909
1911	625,0	394	1435	659
1912	406,4	264	873,5	526
1913*)	3377,9	2094	354,5	201

*) einschließlich Bleinitrat.

Preise: Ammoniumnitrat, % kg M.
krist. für Kältemischungen 87,00
„ für Sprengzwecke 95,00
raffin. krist. 105,00
„ geschmolzen 200,00
„ „ Pulver 250,00
chem. rein, krist. 125,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Kalk, GmbH., Cöln a. Rh.; Dynamit-AG. vorm. Alfred Nobel u. Co., Hamburg; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; Norddeutsche chemische Fabrik, Harburg in Harburg a. d. Elbe; Raffineriewerke Reisholz, GmbH., Düsseldorf-Reisholz; Sprengstoff-AG. Carbonit, Hamburg 1; Traine u. Hellmers, Cöln a. Rh.; R. Wedekind u. Co., GmbH., Uerdingen (Niederrhein). Anlagen zur Herstellung von Ammoniumnitrat bauen: Berlin-Anhaltische Maschinenbau-AG., Berlin NW 87; F. A. Bühler, Berlin-Dahlem, Humboldtstr. 7.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumperchlorat s. Sprengstoffe V,8b.

Ammoniumpersulfat, überschwefelsaures Ammoniak; lat.: Ammonium persulfuricum; frz.: persulfate d'ammoniaque; engl.: persulfate of ammonia. Chem. Zus.: $(NH_4)_2S_2O_8$. Mol.-Gew. 228,28. NH_3: 14,9%, SO_3: 70,1%, O: 7,1%, H_2O: 7,9%. Weiße monokline Kristalle. Bildungswärme $(S_2, O_8, H_8, N_2 . aq) = (NH_4)_2S_2O_8$ (gel.) + 383,0 kcal. Zersetzungswärme $(NH_4)_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_4$ (verd.) + $(NH_4)_2SO_4$ + O = + 38,4 kcal. 100 T. Wasser von 0° lösen 58,4 T. $(NH_4)_2S_2O_8$, bei gewöhnl. Temperatur 65 T. Ammoniumpersulfat.

Das chemisch reine Salz ist unbegrenzt haltbar. Das feuchte Salz zersetzt sich, besonders beim Erwärmen, in saures Ammoniumsulfat und stark ozonisierten Sauerstoff. Mit Alkalien und Alkalikarbonaten setzt es sich zu Alkalipersulfat um. Ammoniumpersulfat wirkt sowohl in neutraler, als auch in alkalischer und saurer Lösung oxydierend. Mit Salzsäure entsteht Chlor; Manganosulfat wird zu Braunstein oxydiert unter Bildung von saurem Ammoniumsulfat. Mit Bariumnitrat entsteht in der Kälte kein Niederschlag von Bariumsulfat, wohl aber beim Kochen der Lösung. Eine mit Natriumazetat versetzte Lösung von Fuchsin wird gebleicht. Mit Pottasche fällt aus der Lösung schwer lösliches Kaliumpersulfat. Silbernitrat zersetzt die Ammoniumpersulfatlösung katalytisch, wobei Ammoniumsulfat, Salpeter- und Schwefelsäure entstehen.

Das gewöhnl. Ammoniumpersulfat des Handels enthält 3—5% Verunreinigungen (Ammoniumsulfat, Ammoniumalaun).

Verwendung: Dient zur Herstellung von anderen Persulfaten, z. B. von Kaliumpersulfat durch Umsetzung mit der äquivalenten Menge Kaliumsulfat bei gelindem Erwärmen (DRP. 243366); mit verdünnter

Schwefelsäure als Reagens auf Alkaloide (Carosches Reagens); als Oxydationsmittel; in 3—5%iger wässriger Lösung als Abschwächer in der Photographie.

Preise: Ammoniumpersulfat,
krist., techn. 1 kg M. 2,50, % kg M. 230,00
chem. rein 1 „ „ 3,00, % „ „ 275,00

Bezugsquellen: Elektrochemische Werke München, Dr. Adolf Pietzsch u. Co., Höllriegelskreuth bei München; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2. Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **1**, 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumphosphat, Diammoniumorthophosphat; lat.: Ammonium phosphoricum. Chem. Zus.: $(NH_4)_2HPO_4$. Mol.-Gew. 132,1. NH_3: 25,79%, P_2O_5: 53,75%, H_2O: 20,46%.

Große, wasserhelle, monokline Kristalle, die an feuchter Luft oberflächlich unter Verlust von Ammoniak verwittern. Beim Erhitzen schmilzt das Salz, es wird weiß und undurchsichtig und zersetzt sich in Ammoniak und Metaphosphorsäure. Geschmack salzig, kühlend. Löslich in 4 T. kalten Wassers, in Alkohol unlöslich. Die wässrige Lösung reagiert neutral, beim Kochen entweicht Ammoniak und in der Lösung hinterbleibt primäres Ammoniumphosphat ($NH_4.H_2.PO_4$).

Verwendung: Dient als Reserve unter Alizarinfarbstoffen (L. Specht u. A. Hutschek, Z. Farben- u. Textilchemie 4, 297, C.-B. 1905, II, 525); als Flammenschutzmittel zum Imprägnieren leicht entzündlicher Gegenstände (10%ige Lösung); zum Imprägnieren („Beizung") von Kerzendochten, und als wertvolles Düngemittel.

Preise: Ammoniumphosphat,
roh, für Düngezwecke % kg M. 60,00
techn. krist. weiß . . % „ „ 85,00
gereinigt, krist. . . . % „ „ 100,00
chem. rein, krist. . . % „ „ 280,00
saures, techn. . . . . % „ „ 195,00
chem. rein . . . . . % „ „ 360,00
dreibasisch . . . . . % „ „ 200,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Heinr. König u. Co., GmbH., Leipzig-Plagwitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2. Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **1**.

Ed. Schenk.

Ammoniumsulfat, schwefelsaures Ammoniak, lat.: Ammonium sulfuricum; frz.: sulfate d'ammoniaque; engl.: sulphate of ammonia. Chem. Zus.: $(NH_4)_2SO_4$. Mol.-Gew. 132,14. NH_3: 25,78%, SO_3: 60,59%, H_2O: 13,63%.

Wasserhelle Kristalle, rhombisch, a : b : c = 1 : 1,7722 : 1,2954. Mit Kaliumsulfat isomorph. Spez. Gew. 1,77. Bildungswärme H_2SO_4 (fest) + $2NH_3$ (gasf.) = $(NH_4)_2SO_4$ + 67,6 kcal. H_2SO_4 (gel.) + $2NH_3$ (gel.) = $(NH_4)_2SO_4$ (gel.) + 28,15 kcal.

An der Luft beständig. Geschmack scharf salzig. In Wasser löslich. Lösungswärme für 1 Mol. $(NH_4)_2SO_4$ in 400 Mol. Wasser von 18° C: —2,370 kcal.

100 Tle. Wasser lösen bei

Temp.	Teile $(NH_4)_2SO_4$	Temp.	Teile $(NH_4)_2SO_4$
0°	71,00	70°	89,55
10°	73,65	80°	92,20
20°	76,30	90°	94,85
30°	78,95	100°	97,50
40°	81,60	—	—
50°	84,25	—	—
60	86,90	—	—

In absolutem Alkohol unlöslich.
1 Teil $(NH_4)_2SO_4$ löst sich in
62,5 T. Alkohol D: 0,905,
217,4 „ „ „ 0,88,
500 „ „ „ 0,872.
Unlöslich in Azeton, sehr leicht löslich in gesättigter Ammoniaklösung. Die gesättigte wässrige Lösung gefriert bei — 19,05° C.

Kühlt man die wässrige Lösung ab, so scheiden sich aus bei

Temperatur	Proz. $(NH_4)_2SO_4$	Ausscheidung
— 2,6°	10,0 %	Eis
— 6,0°	20,0 %	Eis
— 10,8°	28,6 %	Eis
— 16,0°	40,0 %	Eis
— 17,0°	41,7 %	Kryohydrat
0,0°	41,9 %	$(NH_4)_2SO_4$
+ 19,0°	43,2 %	$(NH_4)_2SO_4$

Elektrische Leitfähigkeit von Ammoniumsulfatlösungen bezogen auf Quecksilber von 0°:

Prozentgehalt	Temperatur	Leitfähigkeit
5	15°	5170.10^{-9}
10	15°	947.10^{-8}
20	15°	1667.10^{-8}
30	15°	2148.10^{-8}

Volumgewicht der Lösungen von Ammoniumsulfat in Wasser von 19° C nach Schiff:

Vol.-Gew.	Proz. $(NH_4)_2SO_4$	Vol.-Gew.	Proz. $(NH_4)_2SO_4$	Vol.-Gew.	Proz. $(NH_4)_2SO_4$
1,0057	1	1,1035	18	1,2004	35
1,0115	2	1,1092	19	1,2060	36
1,0172	3	1,1149	20	1,2116	37
1,0230	4	1,1207	21	1,2172	38
1,0287	5	1,1265	22	1,2228	39
1,0345	6	1,1323	23	1,2284	40
1,0403	7	1,1381	24	1,2343	41
1,0460	8	1,1439	25	1,2402	42
1,0518	9	1,1496	26	1,2462	43
1,0575	10	1,1554	27	1,2522	44
1,0632	11	1,1612	28	1,2583	45
1,0690	12	1,1670	29	1,2644	46
1,0747	13	1,1724	30	1,2705	47
1,0805	14	1,1780	31	1,2766	48
1,0862	15	1,1836	32	1,2828	49
1,0920	16	1,1892	33	1,2890	50
1,0977	17	1,1948	34		

Minimum der Zersetzungsspannung: 2,29 Volt.

Chemisches Verhalten: Beim Erhitzen verknistert das Salz und schmilzt bei 140° C. Bei 280° beginnt die Zersetzung in Ammoniak, Wasser und Stickstoff und es destilliert Ammoniumsulfit über. Es hinterbleibt saures Ammoniumsulfat. Beim Erhitzen mit Kaliumchlorat zersetzt es sich unter Feuererscheinung und Entwicklung von Stickstoff, Chlor, Chlordioxyd und etwas Sauerstoff. Mit Salzsäure wandelt es sich beim Eindampfen teilweise in Salmiak und saures Ammoniumsulfat um. Mit anderen Sulfaten bildet Ammoniumsulfat leicht Doppelsalze, die mit 6 Mol. Kristallwasser kristallisieren.

Die wässrige Lösung verliert besonders beim Kochen etwas Ammoniak, weshalb die Dämpfe alkalisch und die wässrige Lösung sauer reagieren. Durch Oxydationsmittel, wie salpetrige Säure, kann das Ammoniak im Ammoniumsulfat vollständig zu Stickstoff oxydiert werden. Beim Kochen von Ammoniumsulfatlösung mit Alkalihydroxyden entstehen die entsprechenden Alkalisulfate, wobei das Ammoniak völlig ausgetrieben werden kann. Aus Eiweißlösungen kann durch Zusatz von A. das Eiweiß völlig gefällt werden.

Zur quantitativen Bestimmung des Ammoniaks in Ammoniumsulfat versetzt man mit Alkalilauge und treibt das freigewordene Ammoniak durch Kochen in eine vorgeschaltete abgemessene Menge n/2 Salzsäure über. Nach Beendigung der Destillation mißt man den Überschuß der vorgeschalteten Säure durch n/2 Alkalilauge zurück. Aus der Differenz berechnet sich der Gehalt an Ammoniak im Ammoniumsulfat.

Verwendung: Hauptsächlich als Düngemittel. Außerdem dient es zur Herstellung von Ammoniak- und anderen Ammoniumverbindungen; z. B. von Salmiak durch Umsetzung mit Kochsalz, von Ammoniumkarbonat durch Destillation eines Gemenges gleicher Teile Ammoniumsulfat und Kreidepulver unter Zusatz von etwa $^1/_8$ des Gesamtgewichtes an Holzkohlepulver; von Ammoniumnitrat nach DRP. Nr. 149026 durch doppelte Umsetzung von Ammoniumsulfat mit Natronsalpeter bei großem Überschuß des letzteren und Abkühlung auf —10 bis —15° C zur Abscheidung des Natriumsulfats; von Harnstoff durch Eindampfen äquivalenter Mengen von Ammoniumsulfat mit Kaliumzyanat; von Ammoniumnitrit durch Umsetzung von Ammoniumsulfat mit Bleinitrit; von Ammoniumpersulfat durch Elektrolyse von mit Ammoniumsulfat gesättigter Schwefelsäure mit oder ohne Diaphragma bei etwa 7° C und 5 Volt Spannung (Müller und Friedländer, Z. f. Elektroch. 8 (1902), 203); zur Herstellung von Kältemischungen: 100 T. Wasser mit 75 T. Ammoniumsulfat ergeben eine Temperaturerniedrigung von 13,2° auf 6,8° um 6,4° C; in den Gärungsgewerben; zur Reinigung von Schwefelsäure von Stickoxyden; zum Feuersichermachen von Geweben: 150—200 g Ammoniumsulfat und 150—200 g Dextrin in 1 L Wasser. Mit dieser Lösung werden die Gewebe getränkt und getrocknet. Um Holz feuer- und fäulnissicher zu machen, tränkt man es nach dem Dämpfen z. B. nach Gautsch mit Ammoniumsulfat-

lösung unter Zusatz von Ammoniumborat (Repert. d. techn. Journ.-Literatur 1903, 674, oder Gautsch, Österr. Woll-Ind. 24, S. 74, DRP. 152006. Siehe auch Fabrikfeuerwehr 11, S. 23), zum Imprägnieren („Beizung") von Kerzendochten.

Ammoniumsulfaterzeugung der Welt in t (1000 kg):

Jahr	Deutschland	Großbritannien	Vereinigte Staaten	Frankreich	Übrige Länder	Welt
1896	75 000	180 000	—	45 000	30 000	330 000
1900	120 000	213 000	58 000	37 000	68 000	496 000
1902	135 000	233 000	65 000	40 000	83 000	556 000
1903	140 000	237 000	70 000	52 000	80 000	579 000
1904	182 000	246 000	60 000	45 000	80 000	613 000
1905	203 000	270 000	100 000	47 000	80 000	700 000
1906	235 000	289 000	60 000	49 000	80 000	713 000
1907	287 000	313 000	60 000	54 000	90 000	804 000
1908	313 000	321 000	82 000	54 000	115 000	885 000
1909	323 000	349 000	90 000	54 000	137 000	953 000
1910	373 000	369 000	116 000	56 000	143 000	1 057 000
1911	418 000	378 500	115 000	60 000	209 500	1 181 000

Die deutsche Landwirtschaft verbrauchte
1909: 275000 t Ammoniumsulfat,
1910: 350000 t „
1911: 370000 t „

Nach N. Caro (Die Stickstofffrage in Deutschland, Berlin 1908, 18) verteilt sich die Ammoniumsulfaterzeugung in Deutschland auf Gasfabriken und Kokereien nach folgender Übersicht:

Jahr	Aus Gasfabriken	Aus Kokereien	Gesamterzeugung	Jahr	Aus Gasfabriken	Aus Kokereien	Gesamterzeugung
1897	14 000	70 000	84 000	1902	26 000	117 000	140 000
1898	14 000	84 000	98 000	1903	26 000	120 000	146 000
1899	15 500	84 500	100 000	1904	30 000	152 000	182 000
1900	18 000	88 500	106 500	1905	35 000	168 000	203 000
1901	20 000	113 000	133 000	1906	38 000	197 000	235 000

Ammoniumsulfaterzeugung Großbritanniens in 1000 t zu 1016 kg:

Jahr	Aus Gaswerken	Aus Hochöfen	Aus Schiefer-schwelereien	Aus Kokereien Generatoren u. Verkohlungs-anlagen	Gesamterzeugung
1890	102 150	5 050	24 750	2 300	134 250
1895	119 645	14 588	38 335	7 083	179 651
1900	142 719	16 959	37 267	17 081	214 026
1905	156 000	20 400	46 400	46 000	268 000
1910	168 000	21 000	60 000	120 000	369 000
1911	169 500	20 000	60 000	129 000	378 500
1912	172 000	17 000	62 000	137 000	388 000
1913	182 000	20 000	63 000	167 000	432 000
1914	176 000	16 000	63 000	171 000	426 000
1915	173 500	15 000	59 000	178 500	426 000
1916	175 000	15 000	58 000	190 000	438 000

Deutscher Außenhandel in Ammoniumsulfat nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1905	48 010	12 001	27 588	6 897
1906	35 365	9 147	37 636	12 044
1907	33 522	8 381	57 493	14 373
1908	47 265	11 344	72 000	18 296
1909	58 132	13 952	58 722	14 681
1910	31 400	8 007	92 996	24 179
1911	24 463	6 483	74 410	18 560
1912	23 098	6 352	56 949	14 037
1913	34 627	9 869	75 868	18 627

Von der Einfuhr 1913 entstammten aus Dänemark 3206,5 t, aus Großbritannien 8884,0 t, aus Österreich-Ungarn 21203,8 t; ausgeführt wurden nach Belgien 15764,7 t (z. T. aus 1912 stammend), Dänemark 455,4 t, Frankreich 7428,0 t, Italien 3540,9 t, Niederlande 18195,3 t (z. T. aus 1912), Schweiz 1337,2 t, Spanien 2550,0 t, Britisch-Indien 817,6 t, Niederländisch-Indien 16023,6 t, Brasilien 428,0 t, Ver. Staaten 5629,6 t, Hawaii 2541,0 t.

Die durschschnittlichen Preise für 100 kg Ammoniumsulfat betrugen:

Jahr	M. f. 100 kg	Jahr	M. f. 100 kg
1906	23,83	1910	23,32
1907	23,65	1911	26,85
1908	23,92	1912	28,35
1909	23,29	1913	28,06

Preise: Ammoniumsulfat,

roh	%	kg M.	34,00
raffin., krist.	%	„ „	42,00
doppelt raffin. krist. .	%	„ „	45,00
„ „ Pulver .	%	„ „	50,00
chem. rein., krist. . . .	%	„ „	60,00
saures, techn.	%	„ „	80,00
„ chem. rein, krist.	1	„ „	2,00

Bezugsquellen: AG. der chemischen Produktenfabrik, Pommerensdorf in Stettin; AG. f. Stickstoffdünger, Knapsack b. Cöln; Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Lindenhof C. Weyl u. Co., AG., Mannheim-Waldhof; Dessauer Zuckerraffinerie, GmbH. in Dessau; Deutsche Ammoniakverkaufsvereinigung, GmbH., Bochum; Gesellschaft für Teerverwertung, GmbH., Duisburg-Meiderich; Gewerkschaft Messel u. Grube Messel bei Darmstadt; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; E. Merck, Darmstadt; Norddeutsche chemische Fabrik, Harburg a. d. Elbe; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz. Anlagen zur Herstellung von Ammoniumsulfat bauen: Berlin-Anhaltische Maschinenbau-AG., Berlin NW 87, Cöln-Bayenthal u. Dessau I u. II; Heinrich Koppers, Essen a. d. Ruhr; Zimmermann u. Janssen, GmbH., Maschinenfabrik und Eisengießerei, Düren-Rhld.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 1.
J. Großmann, Der Stickstoff und seine Verbindungen.
Ullmann, Enzyklopädie d. techn. Chemie 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumsulfide, a) Ammoniumsulfid, Schwefelammonium, lat.: ammonium sulfuratum; frz.: sulfure d'ammonium; engl.: sulphide of ammonium. Chem. Zus.: $(NH_4)_2S$. Mol.-Gew. 68. NH_3: 50,00, H_2S: 50,00%. Farblose Kristalle vom Schmelzp. — 18° C und stark alkalischer Reaktion. Die wässrige Lösung ist farblos und stark alkalisch, riecht nach Ammoniak und Schwefelwasserstoff. An der Luft oxydiert sie sich unter Aufnahme von Sauerstoff, es bildet sich gelbes Ammoniumpolysulfid und Schwefel scheidet sich in kristallinischer Form ab, der sich z. T. oxydiert und mit Ammoniumsulfid Ammoniumthiosulfat bildet.

Die wässrige Lösung gibt mit Schwermetallsalzen Niederschläge gefärbter Metallsulfide. Bei 45° spaltet sich Ammoniumsulfid völlig in Ammoniak u. Schwefelwasserstoff.

b) Ammoniumhydrosulfid, Ammoniumsulfhydrat. Chem. Zus.: NH_4HS. Mol.-Gew. 51,2. NH_3: 33,2%, H_2S: 66,8%. Farblose Lösung. Bildungswärme: $NH_3 + H_2S$ (gasf.) = NH_4SH + 22,44 kcal. Färbt sich beim Stehen an der Luft gelb, indem durch Einwirkung des Luftsauerstoffes Ammoniumpolysulfide entstehen. Das gelbe Schwefelammonium stellt man gewöhnlich durch Auflösen von Schwefel in der farblosen Lösung von Ammoniumsulfid her. Schwefelammonium ist auch in Alkohol löslich.

Verwendung: Die Ammoniumsulfide werden im Laboratorium zu analytischen Zwecken verwendet. Ferner dienen sie zur Herstellung flüchtiger Schwefelleber (Spiritus sulfuratus Beguini, Liquor fumans Boylii). Nach Byers versetzt man eine konz. mit Schwefel gesättigte Ammoniumsulfidlösung mit dem gleichen Volumen 95%igen Alkohols und kühlt die Lösung ab. Zum Denitrieren von Nitrozellulose-Kunstseide;

zum Reduzieren von Azoverbindungen zu Hydrazoverbindungen; zur Herstellung von künstlichem Harz. Nach DRP. 246038 erhält man durch Verharzen von Formaldehyd mit Ammoniumsulfid eine alkalibeständige Masse für Schutzüberzüge, Auskleidungen, Anstriche usw. Zum „Oxydieren" von Silber: 4 g Ammoniumsulfid, 8 g Ammoniumchlorid in 1 l Wasser und Anwendung bei 70—80° C; zum „Brünieren" von Kupfer.

Preise: Schwefelammonium, in Ballons
flüssig, techn. . . . . % kg M. 55,00
flüssig, chem. rein . . % „ „ 77,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **1**, 1.

Ed. Schenk.

Ammoniumsulfozyanid, Rhodanammonium, Ammoniumrhodanür, lat.: ammonium sulfocyanatum, ammonium rhodanatum; frz.: sulfocyanure d'ammonium; engl.: sulphocyanide of ammonium. Chem. Zus.: NH_4SCN. Mol.-Gew. 76,11. NH_3: 22,38%, HCN: 35,49%, S: 42,13% (HSCN: 77,62%).

Wasserfreie glänzende Tafeln vom spez. Gew. 1,299, die an der Luft etwas zerfließlich sind. Schmelzp. 170°. In Wasser und Alkohol löslich. Löslich in flüssiger schwefliger Säure zu einer farblosen Flüssigkeit, die bei 160° unter Braunfärbung sich zu Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff und Ammoniak zersetzt. Die wässrige Lösung von Kobaltchlorid wird durch Ammoniumsulfozyanid rot, bei Gegenwart von Äther jedoch intensiv blau gefärbt. Die grüne Lösung von Manganchlorür wird durch Ammoniumsulfozyanid ebenfalls rot gefärbt. Mit Eisenoxydsalzen entsteht lebhaft blutrot gefärbtes Ammoniumeisenrhodanid. In der Lösung des Ammoniumrhodanids ist Silberchlorid merklich löslich.

Verwendung: In der analytischen Chemie als Reagens auf Metalle der Schwefelammoniumgruppe; zur volumetrischen Bestimmung des Alkoholgehaltes alkoholhaltiger Flüssigkeiten; in der Photographie zum Hervorrufen und Fixieren des photographischen Bildes an Stelle von Natriumthiosulfat (Dingl. Journ. 241, 399, auch F. Schmidt, Kompendium der Photographie, Leipzig 1908, S. 237 u. 240); nach Hauberrisser, Wiener Phot. Mitt. 1908, 436 verleiht ein Bad mit 40 g Ammoniumrhodanat, 40 ccm Goldchloridlösung (1 : 100) in 1000 ccm Wasser schwarz entwickelten Gaslichtpapieren schön schwarze Töne. In der Sprengstofftechnik zur Herstellung von Knallsätzen, z. B. 4,9 T. Kaliumchlorat und 2,1 T. Ammoniumkupferrhodanat. Ein Sicherheitssprengstoff ist z. B. ein Gemisch von 15 T. Ammoniumkupferrhodanat mit 85 T. Ammoniumnitrat. Nach DRP. 148203 mischt man z. B. 60 T. Kaliumnitrat mit 20 T. Schwefel und 20 T. Rhodanmetallverbindung, besonders Ammoniumkupferrhodanat.

Preise: Ammoniumsulfozyanid,
techn. . . . . % kg M. 140,00
gereinigt . . . . . 1 „ „ 1,50
gereinigt, krist. . . . . 1 „ „ 1,55
chem. rein, krist. . . . 1 „ „ 5,50

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", GmbH., Seelze bei Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **1**, 3.

Ed. Schenk.

Ammonkarbonit s. Ammoniumnitrat.

Ammonsalpeter s. ebenda u. Sprengstoffe V, 7.

Amphibol s. Steine II B, 17; Farbst. I, 60.

Amphibolin s. Steine V, M.

Amphibolit s. Steine II, X, 27.

Amylalkohol, Amyloxydhydrat; lat.: alkohol amylicus; frz.: alcool amylique, pentanol; engl.: amyl alcohol. Es sind 8 Isomere möglich. Der wichtigste dieser Alkohole ist der Gärungsamylalkohol, Isobutylkarbinol, Methyl.3.butanol.1.

Chemische Zusammensetzung: $(CH_3)_2 = CH—CH_2—CH_2.OH$. Mol.-Gew. 88,0; C 68,18%, H 13,64%, O 18,18%. Farblose ölige und scharf schmeckende Flüssigkeit von durchdringendem widrigem Geruch. Spez. Gew. $D_0 = 0{,}8248$. Siedep. 131,6° C. Schmp. —134° C. Bildungswärme (gasförmig): +80,9 kcal, (flüssig): +91,6 kcal, (gelöst): +94,4 kcal. Verbrennungswärme 793,9 kcal. Mit Äther und Alkohol in jedem Verhältnisse mischbar. Schwer löslich in Wasser. 1 T. Amylalkohol löst sich in 39 T. Wasser. Isoamylalkohol wirkt als Flüssigkeit und Dampf giftig. Er erzeugt beim Einatmen Reizung der Luftwege und Kopfschmerzen. Er verursacht die schweren toxischen Nachwirkungen des Branntweinrausches.

Aktiver Amylalkohol, Methyläthylkarbinol (Methyl . 2 . butanol . 1) $\begin{matrix}CH_3\\C_2H_5\end{matrix}\!\!>\!CH—CH_2.OH$ ist im Gärungsamylalkohol enthalten. Siedep. 128°. Dreht die Polarisationsebene des Lichtes nach links.

Isoamylalkohol bildet den Hauptbestandteil des Fuselöls bei der Spiritusbrennerei. Bei der Kartoffel- und Getreidebrennerei beträgt der Gehalt an optisch aktivem Amylalkohol 15—25%, bei der Melassebrennerei 50—60% des Isoamylalkohols. Nach Windisch enthält 1 kg Kartoffelfuselöl etwa 588,8 g und 1 kg Roggenfuselöl etwa 685,3 g Amylalkohol.

Verwendung: Zur Herstellung von Amylazetat (Birnenöl, Birnenäther) durch Destillation von 100 kg wasserfreiem Natriumazetat, 100 kg Gärungsamylalkohol und 130 kg konz. Schwefelsäure, von Amylnitrit (Amylium nitrosum) $C_5H_{11}.NO_2$, durch Erhitzen von 10 kg Amylalkohol und 2 kg Stärke unter Hindurchleiten von salpetriger Säure, von Amylenhydrat, tertiärem Amylalkohol, durch Einwirken von Zinkchlorid auf Fuselöl und Schütteln des gebildeten Fuselamylens (C_5H_{10}) mit einem Gemisch aus gleichen Volumen konz. Schwefelsäure u. Wasser; ferner zur Herstellung nicht hygroskopischer fester Kaliseifen durch Zusatz von 1—5% Amylalkohol (D.R.P. 262 591), zum Reinigen und Bleichen von Erdwachs (Jahresber. f. chem. Technik 1882, 1070), zur Abscheidung von asphalt- und harzartigen Stoffen in Mineralölen durch ein Gemenge von Benzin und Amylalkohol (D.R.P. 173 616 und 176 468), zur Herstellung von Valeriansäure und verschiedenen Anilinfarbstoffen, zur Darstellung, Reinigung und Nachweis von vielen Alkaloiden, mit met. Natrium zur Ausführung von Reduktionen (Bamberger, Ber. 20, S. 2916), als Leuchtmaterial, als Lösungsmittel für Fette und Harze, zur Untersuchung von Milch.

Deutschland führte im Jahre 1910 82 000 t Fuselöle aus.

Preise: Amylalkohol (Fuselöl)

gereinigt: Siedep. 90—140° C.	100 kg M. 395,00
doppelt gereinigt: Siedep. 128—132° C.	100 kg M. 495,00
chem. rein, absolut furfurolfrei	100 kg M. 520,00
für Molkereien, furfurolfrei	100 kg M. 510,00

Bezugsquellen: Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler G. m. b. H., Fürstenwalde (Spree); Chem. Fabrik Cotta, E. Heuer, Dresden-A.; Chem. Fabrik Dessau G. m. b. H., Dessau; Chem. Fabrik Ellerholz G. m. b. H., Hamburg, Ferdinandstraße; Chem. Fabrik Hoherlehme G. m. b. H., Werk Frankfurt a. d. O., Frankfurt a. d. O.; Chem. Fabrik Schweinfurt G. m. b. H., Schweinfurt; C. Erdmann, chem. Fabrik Leipzig-Lindenau; Holzverkohlungsindustrie A.-G., Konstanz, i. Baden; E. de Haen, chem. Fabrik „List" in Seelze bei Hannover; E. Merck, Darmstadt, Stahlwerk Mark, Abt. vorm. chem. Werke Reiherstieg Wilhelmsburg a. d. Elbe;

Literatur:

Richter, Chemie der Kohlenstoffverbindungen, Bonn 1909.

Ed. Schenk.

Amylazetat, Essigsäureamylester, lat.: amylium aceticum, aether amylicus; frz.: acétate d'amyle; engl.: amylacetate, acetate of amyle, pear oil.

Chemische Zusammensetzung: $C_5H_{11}.CO_2.CH_3$. Mol.-Gew. 130,1; C: 64,62%, H: 10,77%, O: 24,61%.

Ähnlich dem Amylalkohol bildet Amylazetat 8 isomere Formen. Das gewöhnliche Amylazetat ist der Isoamylester (aus 1 T. Gärungsamylalkohol, 1 T. Eisessig, ½ T. Schwefelsäure und Erwärmen auf dem Wasserbade).

Siedepunkt: 59° C.

Verwendung: Als Lösungsmittel für Harze, Öle, Fette; wird besonders in der Lackfabrikation angewendet. Eine Lösung von Zelluloidabfällen oder von Schießbaum- oder Kollodiumwolle mit etwas Kampferzusatz bildet den Zaponlack. „Amylfirnis" erhält man durch Lösen von 1 T. Nitrozellulose in 3 T. Amylazetat, er dient zum Überziehen blanker Metalle. Amylazetat dient ferner zum Entfernen alter Farb- und Lackschichten von antiken Truhen und Schränken (Techn. Rundschau 1909, 423), zum Desodorisieren von Petroleum (Zusatz von 1% Amylazetat). D.R.P. 78 643, zur Herstellung von Lagerkühlölen durch Zusatz von 24 T. Petroleum, das 1% Amylazetat enthält, zum Schmiermittel (Seifensiederzeitung 1913, 614), ferner als Brennstoff für die Hefnerlampe (Amylazetatlampe), zur Erzeugung der internationalen Lichteinheit. Wegen seines birnenartigen Geruches dient seine alkoholische Lösung (1:10) als Birnenäther, Birnenöl, meist mit Zusatz von etwas Essigester zur Bereitung von Fruchtessenzen und Konfitüren.

Preise: Amylazetat,

techn.	% kg M. 320,00
rein	% kg M. 380,00
Birnenäther	1 kg M. 7,00

Bezugsquellen: Chem. Fabrik Bruchhausen G. m. b. H., Bruchhausen bei Hüsten; Chem. Fabrik Cotta, E. Heuer, Dresden; Chem. Fabrik Dessau G. m. b. H., Dessau; Chem. Fabrik Ellerholz G. m. b. H., Hamburg, Ferdinandstr.; Chem. Fabrik Hoherlehme G. m. b. H., Werk Frankfurt a. d. O. in Frankfurt a. d. O.; Chem. Fabrik Schweinfurt G. m. b. H., Schwein-

furt (techn. u. chem. rein); Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler G. m. b. H., Fürstenwalde (Spree); R. Eisenmann, Berlin O, Mühlenstraße; C. Erdmann, Chem. Fabrik, Leipzig-Lindenau; E. Merck-Darmstadt; E. de Haen, Chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Dr. Schmitz u. Co. G. m. b. H., Düsseldorf. — Stahlwerk Mark, Abt. vorm. chem. Werke Reiherstieg, Wilhelmsburg a. d. Elbe.

Literatur:

Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, Hamburg, Berlin 1893 u. 1919.

Ed. Schenk.

Amylfirnis s. Amylazetat.
Amylodextrin s. Kitte u. Klebst. 2.
Amylose s. Stärke.
Amylum s. Stärke.
Ananasfaser s. Textilien A II c, 6.
Anapheseide s. Textilien A III b, 2.
Anästhesin s. Benzoesäure.
Andesit s. Steine II, X, 21.
Angorawolle s. Textilien A III a, 3.
Anhydrit s. Steine III, x, 3 b; II B, 4 b; Farbstoffe I, 34.

Anilin, Aminobenzol: lat.: anilinum; franz.: aniline; engl.: aniline.

Chemische Zusammensetzung: $C_6H_5NH_2$; Mol.-Gew. 93,096.

Das Anilin wurde zuerst durch trockene Destillation von Indigo (portugiesisch anil) erhalten und hat daher seinen Namen.

Darstellung: Technisch wird Anilin ausschließlich durch Reduktion von Nitrobenzol mit Eisen und Salzsäure dargestellt. Andere Reduktionsmittel, auch die Elektroreduktion, haben diese billige, altbewährte Methode bis heute nicht verdrängen können. Für sehr viele technische Zwecke reduziert man nicht reines Nitrobenzol, sondern Gemische von diesem mit Nitrotoluolen, die man ihrerseits aus den entsprechenden Kohlenwasserstoffen, ohne sie vorher zu trennen, durch Nitrierung erhält. Man bekommt so bei der Reduktion Gemische von Anilin und den entsprechenden Toluidinen, die als Anilinöle in den Handel kommen (s. u.).

Eigenschaften: Das Anilin ist eine farblose, ölige, stark lichtbrechende Flüssigkeit von eigentümlichem Geruch, die sich an der Luft nur in ganz reinem Zustande nicht bräunt. Die Bräunung wird durch geringe Mengen schwefelhaltiger Stoffe verursacht. Siedep. bei 760 mm 182°. In der Kälte erstarrt es zu einer blättrigen Kristallmasse, die bei —8° schmilzt. Das spez. Gew. des Anilins beträgt bei 0° 1,036; bei 15° 1,0267; bei 22° 1,0158. Mit Wasserdampf ist es ziemlich leicht flüchtig. In Alkohol, Äther, Benzol ist es leicht löslich. Auch in Wasser ist es etwas löslich und nimmt andererseits selbst Wasser auf. Die gegenseitigen Löslichkeitsverhältnisse von Anilin und Wasser zeigt die folgende Tabelle[1]):

t	100 T. Wasser lösen Anilin	t	100 T. Anilin lösen Wasser
16°	3,1	8°	4,6
56°	3,5	25°	4,98
82°	5,1	39°	5,43
		68°	6,04

In der wässrigen Lösung von salzsaurem Anilin löst sich Anilin um so leichter, je konzentrierter diese ist. Mit Formaldehyd bildet Anilin ein schwerlösliches Kondensationsprodukt, Anhydroformaldehydanilin $(C_6H_5N = CH_2)_3$ vom Schmp. 40°. Durch Erhitzen von Anilin mit Eisessig bildet sich Azetanilid $C_6H_5NH.COCH_3$, dessen Kristalle bei 115—116° schmelzen. Siedep. 295°. Es löst sich in 194 Teilen Wasser von 15° und in 18 Teilen Wasser von 100°. Löslich in Alkohol (3,5 Teile), Äther und Benzol. Es findet unter dem Namen Antifebrin ausgedehnte Anwendung als Antipyreticum und Antirheumaticum und wird in großen Mengen zur Darstellung von p-Nitranilin (s. d.) gebraucht. Mit salpetriger Säure erhält man aus Anilinsalzlösungen bei Gegenwart freier Mineralsäure Diazoniumsalze, die sich mit Wasser leicht unter Stickstoffentwicklung zersetzen und zum Phenol führen, nach der Gleichung: $C_6H_5N_2Cl + H_2O = C_6H_5.OH + N_2 + HCl$. Anilin ist keine sehr starke Base. Mit Säuren bildet es jedoch gut kristallisierende Salze. Die wäßrige Lösung des Anilins zeigt nur sehr schwach alkalische Reaktion und bläut rotes Lakmuspapier nicht. Die Anilinsalze reagieren auf Lakmus sauer. Das Chlorhydrat $C_6H_5.NH_2.HCl$ (Anilinsalz) ist in Wasser und Alkohol leicht löslich. Es bildet große grau oder graugrün gefärbte Blätter vom Schmp. 198°. Bei höherer Temperatur ist es unverändert flüchtig. Es wird in großen Mengen zur Erzeugung von Anilinschwarz und zur Herstellung von Diphenylamin (s. d.) gebraucht. Das neutrale schwefelsaure Anilin $(C_6H_5.NH_2)_2.H_2SO_4$ ist in Wasser und Alkohol schwer, in Äther unlöslich. Das Nitrat kristallisiert in großen rhombischen Tafeln, die sich bei etwa 190° zersetzen.

Nachweis von Anilin: 1. Lösungen unterchlorigsaurer Salze (Chlorkalk) erzeugen

in wäßrigen Anilinlösungen auch noch in sehr starker Verdünnung eine Violettfärbung, die auf der Entstehung des blauen Indophenols[2]) beruht (Runges Reaktion).

2. Eine wäßrige Lösung von 1,2 Naphthochinon-4-sulfonsaurem Kalium erzeugt einen roten Niederschlag, in sehr großer Verdünnung eine rote Färbung (Bildung eines Kondensationsproduktes)[3]).

3. Kaliumbichromat färbt die saure Lösung eines Anilinsalzes dunkelgrün bis schwarz (Anilinschwarzbildung).

4. Holz und ligninhaltiges Papier wird durch Anilinsalzlösungen gelb gefärbt.

5. Zum Nachweis von Anilin eignet sich auch die Isolierung des oben erwähnten Kondensationsproduktes mit Formaldehyd. Diese Reaktion ist sehr empfindlich und gibt selbst in sehr verdünnten Anilinlösungen (oft erst nach einigen Tagen) eine feine Trübung.

6. Auch die Darstellung des Azetanilids vom Schmp. 115—116° kann zur Charakterisierung des Anilins herangezogen werden.

Physiologische Eigenschaften: Anilin ist giftig. Die durch Anilin hervorgerufenen Krankheitserscheinungen (Blässe, Blaufärbung der Lippen und Wangen, Eingenommenheit des Kopfes, Atembeschwerden, Erbrechen, in schweren Fällen allerhand nervöse Störungen, Lähmung und Tod durch Herzlähmung) bezeichnet man mit dem Namen Anilismus.

Technische Anilinöle: Man unterscheidet im Handel folgende Produkte:

1. Blauöl (Blauanilin, Anilin für Blau), erhalten durch Reduktion von möglichst reinem Nitrobenzol. Es ist fast reines Anilin. Das spez. Gew. schwankt zwischen 1,0265 und 1,0267 bei 15°. Siedep. je nach Barometerstand 181—183°. Von einem guten Blauöl sollen 97—98% innerhalb 1—1½° übergehen. 10 ccm des Öles sollen mit 50 ccm Wasser und 40 ccm Salzsäure eine völlig klare Lösung geben.
2. Rotöl (Rotanilin, Anilin für Rot). Die meisten Rotöle haben eine Zusammensetzung von annähernd gleichen Molekulen Anilin, o-Toluidin und p-Toluidin. Spez. Gew. bei 15° 1,006—1,009. Es soll zwischen 182 und 198° ziemlich vollständig überdestillieren und in verdünnter Salzsäure fast klar löslich sein.
3. Echappés sind die von der Fuchsinschmelze abdestillierten Anilinöle, die zu etwa 35—50% aus Anilin und zu 65 bis 50% aus o-Toluidin bestehen. In verdünnter Salzsäure geben sie infolge der Anwesenheit nicht basischer Produkte eine starke Trübung.

Prüfung: Zur Bestimmung der Zusammensetzung der technischen Anilinöle fehlt es an zuverlässigen analytischen Methoden, die für die Praxis brauchbar wären. Man begnügt sich meist mit der Ermittlung des Siedepunktes und des spez. Gew. und sucht im übrigen empirisch festzustellen, ob das fragliche Öl zu dem bestimmten Zweck tauglich ist oder nicht. Am wichtigsten ist die Siedepunktsbestimmung, wobei es nicht genügt, festzustellen, innerhalb welcher Temperaturgrenzen das fragliche Produkt überdestilliert, es müssen vielmehr die Mengen ermittelt werden, die in gewissen Temperaturabschnitten übergehen.[4]) Über eine Bestimmungsmethode des Anilins, o- und p-Toluidins, sowie des Anilins in Gemischen mit o- oder p-Toluidin oder beiden Toluidinen s.[5]) Die Bestimmung der Feuchtigkeit im Anilin, o- und p-Toluidin, geschieht durch Ermittlung des Verbrauchs an einer Bromierungslauge in gleichen Gewichtsmengen der ungetrockneten und getrockneten Substanz.[6]) Anilin und o-Toluidin entwässert man vollkommen durch Behandeln mit geglühtem Kaliumkarbonat. Zur Entwässerung des p-Toluidins destilliert man 10% ab, wobei das Wasser mit übergeht und das zurückbleibende Produkt für die Technik als wasserfrei zu betrachten ist. Eine Verunreinigung von Anilinölen mit Nitrobenzol und Kohlenwasserstoffen erkennt man an der unvollkommenen Löslichkeit der Öle in verdünnter Salzsäure. Zur Erkennung von freiem Anilin neben Anilinsalz versetzt man das Produkt mit völlig säurefreier Kupfersulfatlösung, die durch freies Anilin grünlichbraun gefärbt wird. Anilinsalze geben diese Erscheinung nicht. Mit Hilfe dieser Reaktion kann man Anilin mit einer Säure genau neutralisieren. Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts von Anilinsalz werden 5 g bis zur Gewichtskonstanz (etwa 24 Stunden) im Exsikkator getrocknet. Der Gewichtsverlust soll höchstens 1% betragen. Den Gehalt bestimmt man durch Titration mit $n/_{10}$ Natronlauge unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator. Das technische Produkt enthält bisweilen Salmiak und Kochsalz, welche beim Auflösen in absolutem Alkohol zurückbleiben. Wird der Rückstand vorsichtig erhitzt, so sublimiert der Salmiak; dabei zurückgebliebenes Kochsalz wird gewogen. Über weitere Untersuchungen der Anilinsalze s. [7]).

Verwendung: Die Verwendung des Blauanilins in der chemischen Industrie ist äußerst vielseitig. Es dient u. a. zur Darstellung von Methyl- und Äthylanilin, von Dimethyl- und Diäthylanilin, von Chinolin und dessen Derivaten, von Sul-

fanilsäure, ferner zur Darstellung von zahlreichen, z. T. sehr wertvollen Farbstoffen, wie Fuchsin, Anilinblau und vor allem Anilinschwarz (s. Farbstoffe III), ferner zur Gewinnung vieler Azofarbstoffe. Eine Lösung von 1 kg Anilin in 40 hl Wasser wird als Textilseifeersatz zum Waschen bedruckter Gewebe empfohlen.[8]) Durch Vermischen von wäßrigen Lösungen von salzsaurem Anilin mit Formaldehyd erhält man plastische Massen.[9]) Anilin wird auch zur Herstellung kautschukartiger Produkte verwendet.[10]) Das Rotöl dient in der Hauptsache zur Fuchsindarstellung, während die Echappés zur Gewinnung von Safraninen verwendet werden.

Preise:	100 g	1 kg	100 kg
Anilin chem. rein		1,40 M.	125,— M.
Anilin aus Sulfat	—,55 M.	4,— M.	
Anilinöl raff. f. Blau			98,— M.
„ „ „ Rot			128,— M.
Anilinsalz krist.			100,— M.

Bezugsquellen:
Akt.-Ges. für Anilinfabrikation, Berlin SO. 36.
Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen a. Rh.
Chem. Fabriken vorm. Weiler-ter-Meer, Uerdingen a. Rh.

Statistisches:[11]) Die Ein- und Ausfuhr von Anilin (Anilinöl) und Anilinsalzen im Jahre 1913 betrug:

	t	im Werte von M.
Einfuhr	156	133 000
Ausfuhr	7265	5 919 000
davon nach		
Österreich-Ungarn	655	574 000
Rußland	602	549 000
Schweiz	1217	874 000
Ver. St. v. Amerika	2428	1 937 000

Literatur:

1. Lunge-Berl, Bd. 4, S. 605.
2. Raschig, Z. angew. Ch. **20**, 2071 (1907).
3. Ber. chem. Ges. **47**, 955 (1914).
4. Lunge-Berl, Bd. 4, S. 609f.
5. l. c., Bd. 4, S. 614ff.
6. O. Dobriner u. W. Schranz, Z. anal. Ch. **34**, 740 (1895). Lunge-Berl, Bd. 4, S. 610.
7. Lunge-Berl, Bd. 4, S. 612f.
8. DRP. 95 692.
9. DRP. 168 358.
10. E. P. 636/10.
11. Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich 1914.

H. Schladebach.

Anilinfarbstoffe s. Farbst. III (Teerfarbstoffe).
Anilinsalz s. Anilin.
Anilinschwarz s. Farbst. III.
Annalin(e) s. Kalzuimsulfat; Farbst. I, 43.
Annotto s. Farbst. I, 71.
Anorthit s. Steine II B, 7.

Anthrachinon:

$= C_{14}H_8O_2$

Mol. Gew. 208.

Anthrachinon ist das wichtigste Derivat des Anthrazens.

Darstellung: Man erhält es durch Oxydation des Anthrazens mit Kalium- oder Natriumbichromat und verdünnter Schwefelsäure[1]).

Eigenschaften: Anthrachinon bildet lange, hellgelbe Nadeln, die bei 273° schmelzen und bei 379—381° (kor.) sieden.[2]) Es sublimiert schon unter seinem Schmelzpunkt. Bei höherer Temperatur destilliert es unzersetzt. Spez. Gew. 1,419—1,438. Es ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in Alkohol: 100 Teile abs. Alkohol lösen bei 18° 0,05 Teile, bei Siedehitze 2,249 Teile Anthrachinon. Es ist wenig löslich in Äther und kaltem Benzol, leichter in heißem Benzol und heißem Eisessig. Es löst sich unverändert in heißer Salpetersäure. Durch Oxydationsmittel wird es kaum angegriffen. Beim Schmelzen mit Ätzkali bei 250° entsteht Benzoesäure[3]).

Reduktion: Beim Erhitzen mit Zinkstaub und Natronlauge entsteht Oxanthranol $C_{14}H_{10}O_2$, das sich in Alkalien mit roter Farbe löst. Durch den Luftsauerstoff (Zusatz von Salzsäure) wird es in Anthrachinon zurückverwandelt (Reagens auf Anthrachinon). Bei der Reduktion mit Zinn und Salzsäure oder Essigsäure entsteht Anthranol[4]), das glänzende, schwachgelbe Nadeln vom Schmp. 163—170° bildet. Man erhält es besser mit konz. Schwefelsäure und Aluminiumpulver[5]). Es hat keine technische Verwendung. Durch Destillation von Anthrachinon mit Zinkstaub wird es zu Anthrazen reduziert. Durch Brom wird Anthrachinon bei 160° in Dibromanthrachinon verwandelt. Konz. Schwefelsäure löst das Anthrachinon und verändert es bis 130° nicht. Bei höherer Temperatur (oder durch rauchende Schwefelsäure schon bei niederer Temperatur) entstehen Sulfonsäuren, die für die Industrie der Anthrazenfarbstoffe von größter Bedeutung sind. Je nach den Reaktionsbedingungen entstehen durch

Sulfurierung mit rauchender Schwefelsäure Mono- oder Disulfonsäuren[6]), und zwar bilden sich β-(2)-Sulfonsäuren. Erfolgt der Eintritt von 2 Sulfogruppen, so verteilen sie sich auf die beiden Phenylkerne des Anthrachinons. Vollzieht man die Sulfurierung bei Gegenwart von Quecksilbersalzen, so entstehen fast ausschließlich α-(1)-Sulfonsäuren. Die Anthrachinon-2-Sulfonsäure bildet das Ausgangsmaterial für die Darstellung des Alizarins. Durch Behandeln mit konz. Schwefelsäure und vor allem mit hochprozentiger rauchender Schwefelsäure kann man unter gewissen Bedingungen Hydroxylgruppen in das Anthrachinon und seine Derivate einführen. Beim Erhitzen mit konz. Schwefelsäure in Gegenwart von Borsäure entsteht z. B. erst 1,4-Dioxyanthrachinon (Chinizarin), dann 1,2,4-Trioxyanthrachinon (Purpurin)[7]). Beim Erhitzen mit rauchender Schwefelsäure von 75—95% Anhydridgehalt unter Zusatz von Borsäure auf 60—120° erfolgt stufenweise Hydroxylierung zu 1,5-Dioxyanthrachinon (Anthrarufin), 1, 2, 5, 8-Tetraoxyanthrachinon (Alizarinbordeaux) und Hexaoxyanthrachinon[8]). Hexaoxyanthrachinon entsteht auch durch Oxydation mit Kaliumperchlorat in konz. Schwefelsäure[9]). Die Anthrachinonsulfonsäuren gehen durch Behandeln mit Natriumchlorat und Salzsäure glatt in die entsprechenden Chloranthrachinone über, die zum Teil technisches Interesse haben. Durch Erhitzen mit Kalkmilch, Ätzalkalien oder Alkalikarbonaten erhält man aus den Sulfonsäuren Oxyanthrachinone, die teils als solche, teils in Form ihrer Derivate wichtige Beizenfarbstoffe von hervorragenden Echtheitseigenschaften darstellen, und zwar besonders dann, wenn sich zwei Hydroxylgruppen in o-Stellung zueinander befinden, von denen eine wiederum in o-Stellung zum chromophoren Karbonyl steht. Das 1,2-Dioxyanthrachinon oder Alizarin wird aus der oben erwähnten Anthrachinon-2-Sulfonsäure gewonnen.

Prüfung: Anthrachinon kommt selten in den Handel. Es wird meistens in den Alizarinfabriken selbst dargestellt und als sublimiertes Produkt von 98—99% Reingehalt verwendet. Man beurteilt das Anthrachinon nach dem äußeren Aussehen. Es muß ferner den richtigen Schmelzpunkt haben und vollständig flüchtig sein. Über die Untersuchung nach dem Luckschen Verfahren s. [10]).

Nachweis: 1. Um Spuren von Anthrachinon zu erkennen, kocht man die zu untersuchende Substanz mit Natronlauge und Zinkstaub, wobei intensive Rotfärbung auftritt (s. oben unter Eigenschaften). Die filtrierte Lösung entfärbt sich beim Schütteln an der Luft (Rückbildung von Anthrachinon). 2. Man vermischt 1 mg Anthrachinon mit etwas Natriumamalgam, gießt absoluten (alkoholfreien) Äther hinzu und schüttelt um. Bei Zugabe einiger Tropfen Wasser entsteht eine tiefrote Färbung, die beim Schütteln durch Luftzutritt verschwindet. Bei Verwendung von absolutem Alkohol an Stelle des Äthers entsteht eine grüne Färbung, die beim Durchschütteln mit Luft verschwindet. Bei ruhigem Stehen treten beide Färbungen wieder auf.[11])

Verwendung: Das Anthrachinon und seine Derivate finden ausgedehnte Verwendung zur Herstellung der wichtigen Anthrachinonfarbstoffe, die zum großen Teil äußerst wertvolle Beizenfarbstoffe sind. Die Hauptmenge wird zur Gewinnung von Alizarin in den Alizarinfabriken verarbeitet.

Preise:

	1 kg	100 g
Anthrachinon chem. rein	12,00 M.	1,40 M.
Anthrachinon chem. rein subl.	26,00 „	3,20 „
Anthrachinon techn.	6,00 „	

Bezugsquellen: Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning, Höchst a. M.; Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Farbwerke vorm. Friedr. Bayer & Co., Elberfeld; Dr. Heinrich König & Co., Leipzig-Plagwitz.

Statistisches:

	t	im Werte von M.
Die Einfuhr von Alizarin und Alizarinfarbstoffen betrug 1913	603	754000
die Ausfuhr betrug	11040	21573000
davon nach Großbritannien	2657	4142000
Britisch Indien usw.	2661	3822000
V. St. v. A.	2656	5463000
Niederl. Indien usw.	589	1026000
Österreich-Ungarn	541	1426000
Rußland	329	1837000
Niederlande	325	523000
Frankreich	222	780000
Italien	189	522000

Literatur:

Allgemeines:
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie, Bd. 1, S. 468ff.
Besondere Hinweise:
1. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, Bd. 1, S. 257. Kopp, Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie, 1878, 1188. Friedländer I, 301—302.
2. Ber. chem. Ges. **26,** 1515.
3. Lieb. Ann. **160,** 129.
4. Ber. chem. Ges. **20,** 1854.
5. DRP. 201 542 (Bayer).
6. Vgl.: Die Sulfosäuren des Anthrachinons

und seiner Derivate von Dr. J. Goldberg und Dr. H. Friedmann, Berlin 1909.
7. DRP. 81 960.
8. DRP. 101 220, C. 1899, I, 959.
9. DRP. 86 969.
10. Lunge-Berl, Bd. 3, S. 426.
11. Ber. chem. Ges. 10, 927.

H. Schladebach.

Anthrazen s. Steinkohlenteer 23.
Anthrazenöl s. ebenda 21.
Anthrazit s. Brennstoffe 1.
Antiaquazement s. Steine V, A, 6.
Antichlor s. Natriumhyposulfit.
Antifebrin s. Anilin.
Antiformin s. Natriumhydroxyd u. Desinfektionsmittel 43.

Antimon, Spießglanzmetall, -könig; neulatein. antimonium (aus dem Griechischen *ἀντὶ μόναχον* = gegen Mönch, nach Schelenz[1]) aus dem Arab. Athmoud), regulus antimonii, stibium (aus dem Griechischen *στίμμι* oder *στίβι*); franz.: (le) antimoine; engl.: antimony. — antimonium crudum (Rohantimon) ist nicht gewöhnliches Antimon, sondern Schwefelantimon, aus welchem das reine Metall hergestellt wird.

Chemische Natur: Element. In der gewöhnlichen Modifikation Metall, in den unbeständigen Formen und in chemischen Verbindungen Metalloid. In den Verbindungen tritt es sowohl 3- als 5-wertig, seltener 4-wertig auf. Zeichen Sb. Atomgewicht 120,21[1a]). Das technisch reine Antimon enthält stets geringe Mengen Blei, Kupfer, Eisen, Schwefel, oft auch Arsen und andere Stoffe[2]).

Formen: Mindestens 4 chemisch verschiedene Formen: 1. gewöhnliches oder rhomboedrisches; 2. gelbes; 3. schwarzes; 4. explosives Antimon[3]). Die ersten 3 Formen zeigen Ähnlichkeit mit den entsprechenden Formen des Arsens. Über die Molekulargröße der einzelnen Formen ist beim Antimon nichts Sicheres bekannt. Der Dampf besteht zwischen 1437° und 1640° vermutlich aus einem Gemisch 2-atomiger mit komplizierteren (wohl 4-atomigen)[4]), oberhalb 2070° aus 1-atomigen Molekulen[5]). — Stabil ist nur Form 1: Trigonal; stumpfe, würfelähnliche Rhomboeder. Dichte Massen derselben zeigen kristallinische Struktur, die bei raschem Erstarren der geschmolzenen Masse mehr körnig, bei langsamem mehr blättrig ist; beim Erstarren unter einer Schlacke oder einer Salzschmelze tritt an der Oberfläche infolge Schwindung ein stern- bis farrenkraut-ähnliches Kristallgerippe hervor, welches als „Stern" bekannt ist und vielfach als Zeichen der Reinheit gilt, sich aber auch bei verhältnismäßig unreinem Antimon bilden kann[6]). Durch hohe Drucke wird die Struktur feinkristallinisch[6a]). Elektrolytisch wird Form 1 je nach der Stromdichte und der Zusammensetzung der Lösung als fester kristallinischer, auf der Elektrolytseite knolliger Überzug oder als Pulver oder in Schuppen abgeschieden[6]). Form 1 ist nach Cohen und van den Bosch[12a]), wahrscheinlich ein Gemisch mehrerer (2—3) enantiotroper Modifikationen mit geringer Umwandlungsgeschwindigkeit. — Form 2 ist regulär und selbst bei der Temperatur der flüssigen Luft nicht lichtbeständig; bei Belichtung und oberhalb — 70° im Dunkeln geht es monotrop in Form 3 über[7]). — Form 3, auch als Antimonspiegel bekannt, ist amorph und wandelt sich (unter Luftabschluß) beim Erwärmen (bei 400° plötzlich) monotrop unter Wärmeentwicklung in Form 1 um[8]). — Form 4 bildet sich bei der Elektrolyse von Antimonchlorid- oder -bromidlösungen; sie ist amorph und vielleicht identisch mit Form 3[7]). Beim Kratzen oder lokaler Erwärmung geht sie, in der Regel explosiv, in Form 1 über. Die Explosivität wird auf Verunreinigungen zurückgeführt[8]). — Im folgenden wird nur Form 1 näher behandelt.

Schmelzpunkt: 630,3°[9]). Das geschmolzene Antimon kann ziemlich stark unterkühlt werden[10]). Kryoskopische Konstante 1240[11]). Spontanes Kristallisationsvermögen[11a]).

Umwandlungspunkt in der Nähe von 101°[12a]). Ferner Umwandlungsintervall zwischen 124° und 137°[12b]).

Siedepunkt bei 760 mm 1440°[4]). Das Antimon verflüchtigt sich bereits bei lebhafter Rotglut und läßt sich im Wasserstoffstrom bei Weißglut destillieren[12]). Im Vakuum verflüchtigt es sich merklich schon bei 290°[13]), lebhaft bei 775°[14]).

Die kritische Temperatur läßt sich zu 5800° absolut berechnen[15]).

Dichte von reinem im Vakuum destillierten Antimon, ungepreßt $D\ ^{20}/_4$ 6,61781; auf 10000 atm gepreßt, 6,6909[15a]). Die D hängt ferner von der thermischen Behandlung (Abkühlungsgeschwindigkeit) ab; $D\ ^{25}/_4$ 6,690—6,674[12a]). Die D des flüssigen Antimons ist höher als die des festen bei gleicher Temperatur; Volumvermehrung beim Schmelzen 1,4%[16]). D des flüssigen Antimon (D^{631} = 6,55) in Abhängigkeit von der Temperatur s. [16a]).

Kubischer Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 100° 0,003161[17]). Für die kubische Ausdehnung von 0° auf t° gilt die Gleichung $V_t = V_0 (1 + 10^{-4}.0{,}2770\ t + 10^{-6}.0{,}0397\ t^2)$ [17]). — Linearer Ausdehnungskoeffizient für kompaktes Sb zwischen 17° und 100° 0,00001088[18]).

Dampfdichte (Luft = 1) bei 1437° 12,31; bei 1640° 9,78 [4]).

Atomvolumen zwischen 28,6 und 33,4 [19]).

Absolute Wärmeleitfähigkeit (bezogen auf C-G-S-System und 0°) zwischen 0° und 30° 0,042 [20]). Guter Wärmeleiter; verhält sich zu Silber wie 26,5:100 [21]).

Spezifische Wärme des destillierten Antimons zwischen 0° und 100° 0,04973; nach dem Zusammenpressen 0,04957 cal für 1 g [12]). Für Temperaturen zwischen 22° und T° gilt die Gleichung $c = 0{,}04941078 - 0{,}0000013097\,(T-22) - 0{,}000000005171207\,(T-22)^2 + 0{,}0000000000245733\,(T-22)^3$ [22]). Spez. Wärme bei tiefen Temperaturen s. [22a]).

Atomwärme bei 0° 5,94[23]); bei —223° 2,89 cal.

Oxydationswärme zu Sb_2O_3: 163,0; zu Sb_2O_4: 209,8; zu Sb_2O_5: 229,6 kcal für 1 Grammolekul [24]).

Zusammendrückbarkeit (mittlere elastische Volumänderung durch 1 Megabar = 0,987 atm) zwischen 100 und 50 Megabar $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ [25]).

Härte: 3—3,5 (Mohssche Skala)[26]). Sehr spröde, nicht dehnbar, leicht zu pulverisieren. — Kegeldruckhärte bei 15 sec Belastung und 17° 73,0; 81° 45,0; 448° 5,85 kg/qmm; bei 300 sec Belastung und 17° 64,4; 82° 37,6; 445° 4,05 kg/qmm [26a]). Kugeldruckhärte nach Brinell 55,0 kg/mm [26b]).

Farbe: Zinn- bis silberweiß mit einem Stich ins Bläuliche, lebhaft metallglänzend; als Pulver matt und dunkelgrau bis grauschwarz. Elektrolytischer Überzug hellbis dunkelgrau. In kolloider Lösung braunschwarz [27]). Dampf grün [28]).

Spektrum s. [29]). Die Bunsenflamme wird fahlgrün gefärbt [30]).

Atomrefraktion (aus der Molekularrefraktion des Pentachlorids nach der n-Formel berechnet) 25,66 [31]).

Lichtbrechung und Absorption s. [32]).

Elektrische Leitfähigkeit (reziproker Wert des Widerstandes in Ω für 1 ccm) bei 0° $2{,}61 \cdot 10^4$ [33]), beim Schmp. für festes Antimon $0{,}62 \cdot 10^4$, für flüssiges $0{,}89 \cdot 10^4$ [34]); beim Schmelzen nimmt der Widerstand plötzlich ab [34a]). Für die Temperaturabhängigkeit gilt die Gleichung $k_t = k_0\,(1 - 0{,}0039826\,t + 0{,}000010364\,t^2)$ [35]). Leitfähigkeit, bezogen auf Silber = 100, bei 18,7° 4,29 [21]).

Spezifischer elektrischer Widerstand bei 18° $450 \cdot 10^{-7}$ Ω [36]).

Reibungselektrische Eigenschaften: Poliertes Antimon wird, mit Seide gerieben, positiv, rauhes Antimon negativ elektrisch [36a]).

Thermoelektrische Eigenschaften: Das Antimon bildet das positive Ende der thermoelektrischen Spannungsreihe (der Thermostrom fließt stets zum Antimon) [37]). Auch zwischen zwei Antimonstäben, parallel bzw. senkrecht zur Hauptachse geschnitten, tritt ziemlich bedeutende Thermokraft auf [38]). Thermokraft gegen Platin für 100° 470 Millivolt [39]). Gegen Wismut ist die Thermokraft am größten. Thermokraft gegen Konstantan s. [39a]).

Magnetische Eigenschaften: Antimon ist stark diamagnetisch negativ [40]); ein parallel der kristallographischen Hauptachse geschnittener frei aufgehängter Stab stellt sich in der Richtung der Kraftlinien. Eisenhaltige Kristalle verhalten sich abweichend. Magnetische Suszeptibilität, bezogen auf die Masseneinheit, bei 18° — $0{,}95 \cdot 10^{-6}$ [41]). Die Suszeptibilität nimmt mit der Temperatur ab [42]). Magnetisierungszahl s. [43]). Atomistischer Magnetisierungskoeffizient s. [43a]). Thermomagnetische Eigenschaften s. [43b]).

Elektrochemisches Verhalten: In der Spannungsreihe steht das Antimon zwischen dem edleren Quecksilber und dem unedleren Wismut bzw. Kupfer [44]). Aus Antimonchlorür- und -bromürlösungen scheidet sich das Antimon elektrolytisch in der explosiven Modifikation aus. Am besten geschieht die Elektrolyse aus nicht polysulfidhaltiger Alkalisulfidlösung [45]). Mit Antimonanoden ist die Elektrolyse nur in salzsaurer oder in konzentrierter Kochsalzlösung durchführbar, nicht in schwefelsaurer oder in Sulfatlösung [46]).

Radioaktivität: Antimon zeigt vielleicht schwache Aktivität [46a]).

Verhalten gegen Gase [47]): Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Antimon an der Luft und in Sauerstoff unveränderlich, erst beim Erhitzen bedeckt es sich mit weißem Oxyd und verbrennt bei stärkerer Rotglut zu einem weißen Rauch. Durch Ozon wird es bei gewöhnlicher Temperatur langsam oxydiert. Gepulvertes Antimon verbrennt in Fluor, Chlor, Brom und Jod bereits ohne äußere Wärmezufuhr unter Erglühen zu Halogenverbindungen. Mit Wasserstoff und Stickstoff verbindet es sich nicht direkt.

Verhalten gegen Wasser [47]): Von luftfreiem Wasser wird es nicht angegriffen. Wasserdampf zersetzt es erst in starker Glühhitze.

Verhalten gegen sonstige Stoffe [47]): Antimon läßt sich mit den meisten Metallen zu Legierungen zusammenschmelzen; in jedem Verhältnis, z. B. mit Wismut, Arsen, Zinn, Blei, Zink, Kupfer. Dehnbare Metalle (Zinn, Blei) werden durch Antimonzusatz spröder, härter und glänzender. — Mit Schwefel, Selen, Tellur läßt es sich in jedem Verhältnis, mit Silizium, Bor, Kohlenstoff nicht zusammenschmelzen. Mit Phosphor verbindet es sich beim Erhitzen zu Phosphorantimon.

Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure

greifen Antimon nicht an. Königswasser, Bromsalzsäure und überhaupt Salzsäure bei Gegenwart oxydierender Stoffe (Chlor, Chlorat, Wasserstoffsuperoxyd), Salpetersäure-Weinsäuremischung, eiskalte rote rauchende Salpetersäure[48]), heiße konz. Schwefelsäure lösen das Antimon auf. Salpetersäure verwandelt es in ein unlösliches weißes Gemenge von Antimonoxyden. Auch Bleioxyd, Quecksilberoxyd und -oxydul, Mangansuperoxyd und viele sauerstoffhaltige Salze führen das Antimon beim Erhitzen in Oxyd über. Silbernitratlösung wird durch Antimon unter Ausscheidung von Antimontrioxyd und metallischem Silber zersetzt. Mit Alkalinitraten und -chloraten verpufft das Antimon beim Erhitzen unter Bildung von antimonsauren Salzen. Aus seinen wäßrigen Salzlösungen wird Antimon durch Zinn, Zink, Kadmium, Eisen, Nickel, Mangan, Blei, Quecksilber, Magnesium gefällt.

Technisch wichtige Legierungen: mit Zinn (Britanniametall), mit Blei (Letternmetall, Hartblei, Magnoliametall), mit Zinn, Blei, Kupfer (Lagermetall, Weißguß).

Physiologische Eigenschaften: Antimon gibt beim Verbrennen einen vom Knoblauchgeruch verschiedenen, an Salpetersäure erinnernden Geruch. Als Metall nicht giftig; in seinen Verbindungen ein Protoplasmagift.

Materialprüfung: Beim Erhitzen in einem engen Rohr setzt sich ohne Knoblauchgeruch ein schwarzer Spiegel (Antimonspiegel) an kälteren Stellen ab, der schwerer flüchtig ist als der Arsenspiegel und sich in Hypochloritlösung nicht löst. Mit etwas Salpetersäure betupft gibt der Antimonspiegel zunächst einen weißen Fleck, der nach Betupfen mit Silbernitratlösung und Ammoniak schwarz wird. Oberhalb des Antimonspiegels setzt sich am offenen Rohrende ein weißes kristallinisches Sublimat ab, das, mit Silbernitratlösung und Ammoniak betupft, ebenfalls schwarz, mit Schwefelammoniumlösung betupft, orangegelb wird; der Schwefelammoniumfleck ist in konz. Salzsäure löslich, in Ammoniumkarbonatlösung nicht. Prüfung auf Reinheit s. [48]).

Bearbeitbarkeit: Das Antimon läßt sich fast nur durch Gießen formen. Bei anderer mechanischer Behandlung zerbricht es leicht infolge seiner Sprödigkeit.

Verwendbarkeit: Antimon dient zum Eichen von Thermoelementen; es gehört zu den als Grundlage der thermodynamischen Temperaturskala notwendigen Stoffen[49]). Ferner wird Antimon gebraucht für thermoelektrische Säulen; als Ersatz für Retortenkoks in galvanischen Batterien; in Pulverform (durch Zink gefällt) als sog. Eisenbronze oder Eisenschwärze, um Gips und Papiermaché stahlgrau zu färben; zum Überziehen (Stahlgrau färben) von Metallen auf galvanischem oder chemischem Wege (Antimonbeizen); gemischt mit Magnesium in der Feuerwerkerei; zur Herstellung von Legierungen (für Schriftgießerei, Infanteriegeschosse, Maschinenlager, Spiegel, Haushaltungsgegenstände), besonders auch als Zusatz zur Erhöhung der Härte, des Glanzes und der Polierfähigkeit von Legierungen; seltener zur Herstellung von Antimonverbindungen für technische (Metallurgie, Feuerwerkerei, Kautschukindustrie, Metallfärbung, Zeugdruck und Zeugfärberei) und therapeutische Zwecke.

Literatur:

1. Schelenz, Z. angew. Ch. **22**, 1311 (1909).
1a. Internat. Atomgewichtskommission seit 1903.
2. Groschuff, Z. anorg. Ch. **103**, 165, 186 (1918).
3. Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Ch. **III**, **2**, 651 (1908). Doelter, Handb. d. Mineral-Ch. **III**, 744, 755 (1914). Abegg, Handb. d. anorg. Ch. **III**, **3**, 574 (1907).
4. Greenwood, Proc. Roy. Soc. London (A) **82**, 396 (1909).
5. v. Wartenberg, Z. anorg. Ch. **56**, 328 (1908).
6. Gmelin-Kraut-Friedheim, **III**, **2**, 652 (1908). Groschuff, Z. anorg. Ch. **103**, 167 (1918).
6a. Marchand und Scherer, J. prakt. Ch. **27**, 207 (1842).
7. Stock und Guttmann, Ber. chem. Ges. **37**, 898 (1904). Stock und Siebert, Ber. chem. Ges. **38**, 3837 (1905).
8. Cohen u. Ringer, Z. physik. Ch. **47**, 1 (1904). Cohen, Collins u. Strengers, Z. physik. Ch. **50**, 291 (1904). Cohen u. Strengers, Z. physik. Ch. **52**, 129 (1905). Cohen, Z. El. Chem. **11**, 787 (1905).
9. Holborn, vgl. Groschuff, Z. anorg. Ch. **103**, 187 (1918).
10. Reinders, Z. anorg. Ch. **25**, 119 (1900).
11. Pélabon, Compt. rend. **142**, 207 (1906).
11a. Bekier, Z. anorg. Ch. **78** 178 (1913).
12. Kahlbaum, Roth, Siedler, Z. anorg. Ch. **29**, 290 (1902).
12a. Cohen u. van den Bosch, Z. physik. Ch. **89**, 757 (1915).
12b. Jänecke, Z. physik. Ch. **90**, 337 (1915).
13. Krafft u. Bergfeld, Ber. chem. Ges. **38**, 258 (1905).
14. Krafft, Ber. chem. Ges. **36**, 1704 (1903).
15. Guldberg, Z. physik. Ch. **1**, 234 (1887).
15a. vgl. 6a und 12.
16. Töpler, Wied. Ann. **53**, 343 (1894).
16a. Pascal u. Jouniaux, Compt. rend. **158**, 414 (1914).
17. Matthiesen, Pogg. Ann. **130**, 50 (1867).
18. Grüneisen, Ann. Phys. [4], **33**, 60 (1910).
19. Thorpe, J. Chem. Soc. **37**, 378 (1880). Kopp, Lieb. Ann. **100**, 19 (1856).

20. Berget, Compt. rend. **110,** 76 (1890). Lorenz, Wied. Ann. **13,** 442, 582 (1881).
21. Matthiesen, Ann. chim. phys. [4], **29,** 38 (1873).
22. John, Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich **53,** 186 (1908).
22a. Ewald, Ann. Phys. [4] **44,** 1213 (1914). Dewar, Proc. Roy. Soc. London **89** (A) 158 (1913). Richards u. Jackson, Z. physik. Ch. **70,** 414 (1910).
23. Schimpf, Z. physik. Ch. **71,** 295 (1916).
24. Mixter, Am. J. of Science (4) **28,** 108 (1909).
25. Richards, Z. El. Chem. **13,** 519 (1907).
26. Rydberg, Z. physik. Ch. **33,** 355 (1900).
26a. Ludwik, Z. physik. Ch. **91,** 238 (1916).
26b. Kürth, Physik. Z. **8,** 417 (1907).
27. Svedberg, Ber. chem. Ges. **38,** 3619 (1905).
28. Link, Ber. chem. Ges. **32,** 894 (1899).
29. Thalén, Ann. chim. phys. [4] **18,** 243 (1869). Kayser u. Runge, Wied. Ann. **52,** 93 (1894). Herpertz, Z. wiss. Photogr., Photophysik und Photoch. **4,** 196 (1906). Exner und Haschek, Wellenlängentabellen der Bogenspektren I u. II (1904), der Funkenspektren I u. II (1902).
30. Bunsen, Lieb. Ann. **138,** 276 (1866).
31. Haagen, Pogg. Ann. **131,** 117 (1867).
32. Quincke, Pogg. Ann. Jubelband 336 (1874). Drude, Wied. Ann. **39,** 481 (1890). Horn, N. Jahrb. f. Mineral. Beilagebd. **12,** 341 (1899).
33. Overbeck u. Bergmann, Wied. Ann. **31,** 792 (1887).
34. de la Rive, Compt. rend. **56,** 588 (1863). 57, 698 (1863).
34a. Northrup u. Suydam, J. Franklin Inst. **175,** 153 (1912).
35. Matthiesen u. v. Bose, Pogg. Ann. **115,** 353 (1862).
36. Landolt-Börnstein, Tabellen, 4. Aufl. 1912, 1118.
36a. Jones, Phil. Mag. [6] **29,** 261 (1915).
37. Drude, Ann. Phys. [4] **14,** 959 (1904).
38. Svanberg, Compt. rend. **31,** 250 (1850); Pogg. Ann. Ergänzungsbd. **3,** 153 (1853).
39. Steele, Phil. Mag. [5] **37,** 218 (1894).
39a. Siebel, Ann. Phys. [4] **45,** 839 (1914).
40. Knoblauch u. Tyndall, Pogg. Ann. **79,** 233 (1850); **81,** 481 (1850). Winkelmann, Handb. d. Phys. **V,** 263, 297 (1908).
41. Honda, Ann. Phys. [4] **32,** 1046 (1910).
41. Owen, Ann. Phys. [4] **37,** 664 (1912).
43. St. Meyer, Wied. Ann. **68,** 325 (1899).
43a. Pascal, Compt. rend. **158,** 1895 (1914).
43b. Senepa, Atti Accad. Lincei Roma [5] **21,** II, 53 (1912). Owen, Ann. Phys. [4] **37,** 657 (1912).
44. Neumann, Z. physik. Ch. **14,** 229 (1894).
45. Neumann, Theorie u. Praxis der analyt. Elektrolyse der Metalle, S. 145. Borchers, Elektrometallurgie, 2. Aufl. Braunschweig 1896, S. 331.
46. Elbs u. Thümmel, Z. El. Chem. **10,** 364 (1904).
46a. Lewin u. Ruer, Physik. Z. **10,** 576 (1909).
47. Gmelin-Kraut-Friedheim, **III, 2,** 658.
48. Groschuff, Z. anorg. Ch. **103,** 181 (1918).
49. Holborn, Z. El. Chem. **21,** 559 (1915). Scheel, Naturw. **4,** 165 (1916). Warburg, Bekanntm., Ann. Phys. [4] **48,** 1034 (1915); Ber. chem. Ges. **48,** 474 (1916).

E. Groschuff.

Wirtschaftliches.

Den Weltbedarf an Antimon vor dem Kriege schätzt man auf etwa 25000—30000 t, von denen ungefähr die Hälfte bis drei Viertel aus China kam, d. h. allein das 99%ige Metall; außerdem lieferte China noch über 12000 t Antimon crudum. Ferner kommen als Produzenten Frankreich, Algier, Italien, Mexiko, Österreich-Ungarn, Japan und Portugal in Betracht. Frankreich erzeugte aus eigenen und fremden Erzen 1910: 4550, 1911: 4790, 1912: 5430, 1913: 5900 t. Die mexikanische Erzeugung ist viele Jahre lang fast vollständig nach London verschifft worden, und zwar Regulus und Crudum: 1910: 3788, 1911: 3997, 1912: 3296, 1913: 2345 t. Während des Krieges nahmen die Vereinigten Staaten das Metall auf. England führte insgesamt vor dem Kriege ungefähr 7000 t Erz jährlich ein, und fast zwei Drittel dieser Menge wurden wieder ausgeführt, nachdem das Erz in den Schmelzwerken in der Nähe von Newcastle verarbeitet worden war. Der Neubedarf an Metall in der Zeit vor dem Kriege wird für England auf etwa 2000 t jährlich geschätzt, wobei zu berücksichtigen ist, daß außer der Menge des eingeführten Metalles das für Lettern gebrauchte Antimon dauernd wieder eingeschmolzen wird. Die Hauptmenge des in England verarbeiteten Erzes lieferte vor dem Kriege Australien, durchschnittlich jährlich etwas weniger als 3000 t. Seit Kriegsausbruch ist die Förderung Australiens stark zurückgegangen. Während früher lediglich Erz ausgeführt wurde, ebenso wie seitens Chinas, wurden 1915 eigene Schmelzwerke in der Nähe der Hauptlagerstätten in Viktoria errichtet. Deutschland führte ein als „Antimon (Spießglanz), roh oder als Bruch" 1912: 3399, 1913: 3604 t im Werte von 1,89 u. 2,02 Mill. M. bei einer Ausfuhr von 133 und 702 t; ferner als „Antimonerz sowie Antimonmatte" 1912: 2565, 1913: 3070 t. Im Kriege hat dann die englische Einfuhr von Antimonerz erheblich zugenommen, sie stieg 1915 auf 22569 t und 1916 auf 31236 t. Auch in anderen Ländern hat der Krieg auf die Antimonerzeugung außerordentlich fördernd eingewirkt. Dies gilt z. B. von Italien, dessen Antimonerzgewinnung von

8000 t im Jahre 1908 auf 1800 t im Jahre 1913 gesunken war, während die Erzeugung von Metall 1907: 610 t, 1914 nur noch 138 t betrug. Im Kriege wurde die Eigenproduktion stark vermehrt: 1915: 555 t Erz (24,5%), 1916: 4334 t (19,9%), davon in den Gruben Sn Suergas und Corte Rosa auf Sardinien 4197 t. Die Vereinigten Staaten, die nur bei hohen Weltmarktpreisen Antimon herstellen können, waren durch den Krieg gleichfalls in die Lage versetzt, selbst Antimonerz zu gewinnen. 1915 wurden 5000 t Erz mit 2000 t Metall gefördert. Ihre Einfuhr belief sich an Regulus und Antimon crudum in Tonnen auf:

1907: 4331	1912: 6969
1908: 4057	1913: 7667
1909: 4826	1914: 6535
1910: 4950	1915: 8742
1911: 5479	1916: 13069

Algeriens Ausfuhr von Antimonerz betrug 1914: 1100, 1915: 9022, 1916: 28473 t. Auch Canada, dessen Antimonbergbau durch den überwältigenden Wettbewerb Chinas fast zum Erliegen gekommen war, nahm 1915 die Förderung in verstärktem Maße auf, so daß noch im gleichen Jahre 400 t verschifft werden konnten. Seitdem hat es während der Kriegsjahre weitere Fortschritte gemacht. Bedeutende Lager finden sich auch in Neuseeland, Neufundland und verschiedenen Teilen Indiens, doch ist von einer Ausbeutung dieser Fundstätten noch nichts bekannt geworden. Am stärksten ist der fördernde Einfluß des Krieges auf die Antimongewinnung Boliviens gewesen. Während hier die Förderung vor dem Kriege einen ständigen Rückgang aufwies und im Verhältnis zu der Gewinnung anderer Erze so unbedeutend war, daß sie in den meisten statistischen Angaben überhaupt keine Erwähnung fand, hat die Förderung von Antimonerz im Jahre 1916 eine Menge von 25845 t und 1917 eine solche von 21287 t erreicht. Folgende Zusammenstellung zeigt, wie sich die Ausfuhr von Antimonerz aus Bolivien in den letzten Jahren entwickelt hat:

Jahr	Menge in t	Wert in 1000 M.
1908	920	184,8
1909	494	92,3
1910	525	170,9
1911	312	120,4
1912	91	40,2
1913	62	21,8
1914	186	53,9
1915	17 923	23 658,4
1916	27 400	?

Das Erscheinen der bolivianischen Erze auf dem Markte hat zweifellos in erheblichem Maße zu dem Preissturz beigetragen, den der Antimonmarkt nach bedeutender Steigerung in den ersten Kriegsjahren im Jahre 1916 erlitten hat (s. u.). Die Zunahme der Förderung Chinas ergibt sich aus folgenden Zahlen. Es betrug die chinesische Ausfuhr in Tonnen:

	1911	1912	1913
von Erz	6812	2 054	4 281
Regulus u. Crudum	6986	13 531	13 032
	1914	1915	1916
von Erz	5 479	1 675	11 861
Regulus u. Crudum	21 648	23 406	22 900

Zur Ausnutzung der Kriegskonjunktur errichteten die Chinesen ein Geschäft in New York, wo sie ihr Antimon mit großem Gewinn absetzten. Da aber die hohen Preise allenthalben die Produktion so außerordentlich steigerten, daß 1916 der große Preissturz kam, erlitten sie dann wieder bedeutende Verluste.

Die Preise für Antimon zeigten an der New Yorker Metallbörse in den letzten Jahren folgende Entwicklung:

	1912	1913	1914
	in Pfennigen für 1 kg		
Höchster Preis	86,1	83,1	133,8
Niedrigst. Preis	63,2	56,8	52,2
Jahresdurchschn.	71,9	69,6	81,1

	1915	1916
	in Pfennigen für 1 kg	
Höchster Preis	363,4	414,4
Niedrigst. Preis	146,8	106,8
Jahresdurchschn.	280,4	234,9

Im Jahr 1916 ging der Preis bis August von über 400 Pf. auf fast ein Viertel herunter, um sich dann bis Jahresschluß ein wenig zu erholen. Die Gründe für diese enorme Preisniedrigung sind darin zu suchen, daß die Verbraucher in New York sich große Vorräte gesichert hatten, daß Spanien große Mengen Erz nach England lieferte, sowie vor allem in dem Erscheinen der bolivianischen Erze und der Überschüttung des amerikanischen Marktes mit chinesischer Ware.

F. Scharf.

Antimonblüte s. Farbstoffe I, 1.

Antimondoppelfluorid s. Antimonsalz.

Antimonfluorid, Antimontrifluorid; lat.: stibium fluoratum; frz.: fluorure d'antimoine; engl.: fluoride of antimony. Chem. Zus.: SbF_3. Mol.-Gew. 176,8. Sb: 67,80%, F: 32,20%.

Farblose durchsichtige Rhomboeder oder als Destillationsprodukt weiße dichte Masse vom Schmelzp. 292°. An feuchter Luft zerfließlich. Raucht an der Luft nicht, ist in der Hitze flüchtig und sublimiert leicht. Bei höherer Temperatur zersetzt sich Antimonfluorid teilweise. Geschmack scharf sauer. In Wasser leicht löslich. Die wässrige Lösung ist nicht dissoziiert. Dampft man die wässrige Lösung ohne Zusatz von Fluorwasserstoff ein, so scheidet sich basisches Antimonfluorid aus, das jedoch durch Halogenwasserstoffsäuren, wie Salzsäure, Fluorwasserstoff wieder gelöst werden kann. Das an feuchter Luft zerflossene Antimonfluorid enthält ebenfalls Antimonoxyfluorid und ist deshalb in Wasser dann nicht mehr klar löslich. Die wässrige Lösung von Antimonfluorid reduziert Goldchloridlösung. Mit Fluoriden und Chloriden der Alkalimetalle, sowie mit Alkalioxalaten bildet Antimonfluorid Doppelsalze.

Verwendung: Wurde früher als Farbbeize verwendet. An dessen Stelle verwendet man jetzt hauptsächlich das Antimonsalz (Natriumantimonfluorid, SbF_3,NaF). Bei Verwendung des Doppelsalzes Antimonfluorid-Oxalat wird nicht Fluorwasserstoff frei, sondern die mildere Oxalsäure, wodurch Antimonoxyd rascher und vollständig an die tannierte Faser abgegeben wird. Auch das Doppelsalz $2SbF_3.1½$ $(NH_4)_2SO_4$ dient als Beize.

Preise: Antimonfluorid
flüssig (30%) . . . . . % kg M. 110,00
entwässert . . . . . 1 „ „ 6,25

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Holler u. Co., Hamburg I, Alsterdamm 12/13; R. Koepp u. Co., Östrich-Rheingau; Chem. Fabrik Pfersee-Augsburg, Dr. von Rad, Augsburg; Antimondoppelsalze: Anhaltisch-Oberschlesische Fluorwerke G. m. b. H., Fluor bei Siptenfelde (Ostharz).

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 2.

Ed. Schenk.

Antimongelb s. Farbstoffe I, 66.
Antimonocker s. Farbstoffe I, 3.
Antimonorange s. Farbstoffe I, 2.
Antimonoxychlorid s. Farbstoffe I, 1.
Antimonoxysulforet s. Antimonzinnober.

Antimonpentasulfid, Goldschwefel (s. a. Farbstoffe I, 2), lat.: Sulfur auratum antimonii, Stibium sulfuratum aurantiacum; frz.: soufre d'oré d'antimoine; engl.: sulfuret of antimony. Chem. Zus.: Sb_2S_5. Mol.-Gew. 399,1. Sb: 59,93%, S: 40,07%.

Dunkelorangefarbenes Pulver, zerfällt beim Erhitzen unter Luftabschluß in Antimontrisulfid und Schwefel, es ist löslich in wässrigen Lösungen von Ätzalkalien, Ammoniak, Alkalisulfiden und Alkalikarbonaten. In starker Salzsäure ist es unter Schwefelwasserstoffentwicklung und Schwefelabscheidung zu Antimontrichlorid löslich.

Verwendung: Als Arzneimittel, als Füll- und Beschwerungsmittel und zum Rotfärben von Kautschuk, zur Fabrikation von Zündhölzern, in der Glasfabrikation für goldgelbe Färbungen, zur Herstellung von Zündsätzen; ein geringer Zusatz macht diese äußerst empfindlich.

Preise: Goldschwefel % kg M.
für Zündholzfabrikation Ia . . . 130,00
für Veterinärzwecke Ia 145,00
für Gummifabrikation
Nr. 1 mit 6% freiem Schwefel . 180,00
„ 2 „ 16% „ „ . 225,00
„ 3 „ 20% „ „ . . 205,00
„ 00 leicht, sehr feurig . . . 305,00
„ 000 ohne freien Schwefel . 280,00
chem. rein, DAV. 300,00

Bezugsquellen: Wie Antimontrisulfid.

Ed. Schenk.

Antimonrot s. Farbstoffe I, 4.

Antimonsalz, Antimondoppelfluorid, Natriumantimonfluorid, frz.: bifluorure d'antimoine, fluorure d'antimoine et de sodium; engl.: bifluoride of antimony, fluoride of antimony and sodium. Chem. Zus.: $SbF_3.NaF$. Mol.-Gew. 219,1. SbF_3: 80,78%, NaF: 19,22%.

In kaltem Wasser leicht lösliche schöne Kristalle. Die wässrige Lösung zersetzt sich beim Verdünnen mit viel Wasser nicht.

Antimonsalz und Antimondoppelsalz dienen in der Färberei und im Zeugdruck in ausgedehntem Maße als Beizmittel als Ersatz für den teuren Brechweinstein (Kaliumantimonyltartarat).

Die wässrige Lösung reagiert stark sauer und greift kieselsäurehaltige Gefäße wie Glaswannen und irdene Töpfe stark an. Man verwendet deshalb für die Lösungen Wannen aus Blei oder Hartgummi. Vergiftungen durch Antimon verursachen stark juckende Hautausschläge, Entzündung der Schleimhäute von Mund, Rachen und Magen, Herzschwäche, Schwindel und Ohnmacht.

Preise: Antimonsalz (45—47% Sb_2O_3 gegen 43% im Brechweinstein) % kg M. 80,00
Antimondoppelsalz (65% Sb_2O_3)
% kg M. 100,00
(73—75% Sb_2O_3) . . . % „ „ 113,00

Bezugsquellen: Chemische Werke Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); E. de

Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; R. Koepp u. Co., Östrich-Rheingau; Anhaltisch - Oberschlesische Fluorwerke G. m. b. H., Fluor bei Siptenfelde (Ostharz).

Literatur:

Gmelin Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 2.

Ed. Schenk.

Antimonsulfide s. -tri- u. -pentasulfid.

Antimontrisulfid, Antimonsulfür, Schwefelantimon, frz.: sulfure d'antimoine; engl.: sulphide of antimony. Chem. Zus.: Sb_2S_3. Mol.-Gew. 336,2. Sb: 71,37%, S: 28,63%. Im amorphen Zustande braunes oder rotbraunes Pulver, das unter Luftabschluß bei 555° C schmilzt und unzersetzt destilliert, die Schmelze erstarrt kristallinisch; spez. Gew. 4,15 und 4,65. An der Luft erhitzt, verglimmt es. Durch kochendes Wasser wird Antimontrisulfid in antimonige Säure Sb_2O_3 und Schwefelwasserstoff zersetzt. Wasserstoff reduziert es zu met. Antimon unter Bildung von Schwefelwasserstoff. Durch Kochen mit Ammoniumchlorid wird es in Antimontrichlorid und Schwefelammonium umgewandelt. Salpetersäure oxydiert zu Antimontrioxyd, Sb_2O_3; von Königswasser wird es zu Antimontrichlorid gelöst. Starke Salzsäure löst ebenfalls zu $SbCl_3$ unter H_2S-Entwicklung. Ätzalkalien geben in Schmelzen oder beim Kochen sulfantimonig- und antimonigsaures Alkali.

Verwendung: Antimontrisulfid dient in der Feuerwerkerei zur Erzeugung von Weißfeuer; für helles weißes Signallicht verwendet man 10 T. A., 100 T. chlors. Kali und 15 T. gekochtes Leinsamenöl; für weiße Windfackeln: 45 T. A., 15 T. Schwefelblumen, 97 T. Salpeter und 15 T. Stearin (Polytechn. Zentrbl. 1864, 1490); für weiße Leuchtkugeln: 2 T. A., 9 T. Kaliumnitrat, 3 T. Schwefel; für gelbe bengalische Flammen: 4 T. A., 48 T. Salpeter, 1 T. Kohlenstoff oder 2 T. A., 9 T. Salpeter und 3 T. Schwefel. — Zur Herstellung der Zündmasse für die schwedischen oder Sicherheitszündhölzer. — Zur Herstellung von Gewehrzündhütchensätzen für Schwarzpulver und rauchloses Pulver. Z. B.:

Antimontrisulfid	Knallquecksilber	Kaliumchlorat	Glaspulver
	Für Schwarzpulver:		
44,6	29,7	24,6	2,0
51,5	17,1	29,2	3,0
	Für rauchloses Pulver:		
125	52	63,0	4
120	70	60,0	—

Zur Herstellung von Zündsätzen von bestimmter Brenndauer. Nach Amerik. P. 1027814 zur Herstellung eines quecksilberfreien, mit geringem Rückstand und gleichmäßig heißer Flamme verbrennenden Zündsatzes aus 20% A., 25% Blei- oder Kupfersulfozyanid und 50% Kaliumchlorat oder Bariumsuperoxyd und etwas Trinitrotoluol. Für rostsichere Zündsätze für Zündhütchen aus 20 T. A., 36 T. Knallquecksilber, 40 T. Blei- oder Quecksilberchromat und 4 T. Glaspulver. Auf nassem Wege hergestellt zur Darstellung von vulkanisiertem rotem Kautschuk, als Anstrichfarbe für Schiffe, zur Herstellung von pharmazeutischen Präparaten, von „Mineralkermes" durch Kochen von 6 T. Antimonsulfid mit einer Lösung von 128 T. kristallisierter Soda in der 10fachen Menge Wasser, zur Herstellung von „Goldschwefel", Sb_2S_5, durch Kochen von Antimontrisulfid mit Schwefel und Natronlauge und Versetzen des entstandenen Natriumsulfantimoniates (Schlippesches Salz) mit Salzsäure; zur Herstellung von Tonglasuren; zum Brünieren von Kupfer. Antimonsulfid dem Glassatze zugesetzt, verleiht dem Glase goldgelbe Farbe; beim Rösten entsteht Antimonoxyd, das als Bleiweißersatz dient.

Preise: Antimonium crudum (Schwefelantimon) . . . % kg M. 28,00
in Stücken . . . . . % „ „ 55,00
in Pulver . . . . . % „ „ 60,00
feinst präpariert . . . . % „ „ 75,00
Antimontrisulfid, geschmolzen 1 „ „ 4,40
„ käufl. . . % „ „ 55,00
„ käufl. gewaschen % „ „ 95,00
„ gefällt . . 1 „ „ 18,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N, Müllerstr. 170/171; Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.; Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer u. Co., Leverkusen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover. Ed. Schenk.

Antimonweiß s. Farbstoffe I, 3.

Antimonzinnober (s. a. Farbstoffe I, 4), Antimonoxysulfuret, lat.: stibium sulfuratum nigrum. Chem. Zus.: $Sb_2S_3 . Sb_2O_3$. Karminrotes samtartiges Pulver von großer Schönheit und feuriger Farbe und ziemlicher Beständigkeit; an der Luft unveränderlich. Wird beim Erhitzen dunkler und schmilzt zu einer schwarzen Masse. Wird durch verd. Säuren nicht verändert, von Ätzalkalien jedoch zersetzt.

Verwendung: In der Kunstmalerei (Ölmalerei, auch als Wasser- und Leimfarbe), zur Herstellung von Buchdruckfarben.

Preise: Antimonzinnober, je nach Qualität: % kg M. 120,00—250,00.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 1. Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie **3**, 2.

Ed. Schenk.

Antinonnin s. Desinfektionsmittel 112.
Antipiutrol s. Desinfektionsmittel 103.
Antizinnober s. Farbstoffe I, 23, 25.
Antwerpenerblau s. Farbstoffe I, 7.
Apfelgrün s. Farbstoffe I, 20, 53.
Aphrodin s. Steine V, M.
Apyrit s. Steine I, 24.
Aquabar s. Steine V, K.
Aquafort s. Salpetersäure.
Arabin s. Kitte u. Klebstoffe.
Arachisöl s. Fette II B, 2.
Argentamin s. Desinfektionsmittel 73.
Argentan, Argentanlot s. Legierungen II, b.
Argent-francaise s. Silber, Legierungen 12.
Argentine s. Zinn.
Argent Ronolz s. Silber, Legierungen 12.
Argentum proteinicum s. Desinfektionsmittel 78.
Argon s. Edelgase 3.
Argonin s. Desinfektionsmittel 75.
Argozoid s. Legierungen II, b.
Argyroid s. ebenda.
Aristopapier s. Photogr. Mat. F, 1.
Arkometall s. Legierungen I b, 1.
Arnaudongrün s. Farbstoff I, 24.
Arnotto s. Farbstoffe I, 71.
Arrowroot s. Stärke (Handelsformen).

Arsen, Scherbenkobalt, Fliegenstein, griechisch: ἀρσενικόν (= arsenikón); neulat.: arsenicum metallicum, cobaltum testaceum; franz.: (le) arsenic; engl.: arsenic.

Chemische Natur: Element. In der gewöhnlichen Modifikation Metall, in den unbeständigen Formen und in chemischen Verbindungen Metalloid. Es zeigt vielfach große Ähnlichkeiten einerseits mit Phosphor, andererseits mit Antimon. In den Verbindungen tritt es sowohl 3- als 5-wertig auf. Zeichen As. Atomgewicht 74,96[1]).

Formen: Mindestens 4 chemisch verschiedene Formen: 1. metallglänzendes, kristallisiertes, 2. gelbes, 3. schwarzes oder schwarzgraues, sog. amorphes, 4. braunes oder rotbraunes Arsen[2]). Die Beziehungen der verschiedenen Formen zueinander und ihre Existenzgebiete sind noch nicht völlig klargestellt. Nach Einigen sind Form 3 und 4 nur verschiedene Zerteilungszustände von Form 1[3]). — Alle Formen geben den gleichen Dampf, der bei 563—720° aus 4-atomigen Molekulen As_4, oberhalb 1736° aus 2-atomigen As_2 besteht[4]). Das gelbe Arsen ist 4-atomig; Form 1 wird als einatomig, Form 3 als 2-atomig, Form 4 als 8-atomig angesehen[5]). — Stabil ist nur Form 1: Trigonal; spitze würfelähnliche Rhomboeder; die Kristallform ist infolge Zwillingsbildung und Kombination meist schwer erkennbar. Dichte Massen zeigen schuppig kristallinische Struktur und treten in der Natur in nierenförmigen, schaligen oder feinkörnigen Aggregaten auf. — Form 2, die sich bei starkem Abkühlen von Arsendampf zunächst ausscheidet, kristallisiert regulär (Rombendodekaeder) und ist nicht lichtbeständig; geht bei Belichtung in Form 3 über[5]). — Form 3, auch als Arsenspiegel bekannt, ist feinkristallinisch, vermutlich monoklin und nur scheinbar amorph[6]); wandelt sich beim Erhitzen auf 280—360° unter starker Wärmeentwicklung in Form 1 um[7]). — Form 4 ist amorph; geht beim Erwärmen auf 180—220° in Form 3 über[6]). — Im folgenden wird nur die erste Form näher behandelt.

Verhalten in der Wärme: Verdampft beim Erhitzen unter gewöhnlichem Druck ohne zu schmelzen[8]). Schmp. unter starkem Druck oberhalb 800° [9]). Im Vakuum beginnt die Sublimation bei 96°, ist jedoch erst bei 325° lebhaft[10]). Konstanter Sublimationspunkt bei 760 mm 616° [11]).

Dichte: $D^{14}/_4$ 5,726—5,728 [12]), D^{19} nach dem Schmelzen 5,709 [13]).

Linearer Ausdehnungskoeffizient bei 40° 0,00000559, mittlerer Zuwachs desselben für 1° 0,0000000432 [14]).

Dampfdichte (Luft = 1) bei 593° 10,60, bei 1736° 5,451 [4]).

Atomvolumen 26,3 [15]).

Spezifische Wärme zwischen 0° und 100° 0,0822 kcal [16]). Bei tiefen Temperaturen s. [16a]).

Atomwärme zwischen 0° und 100° 6,2 cal [16]); bei + 50° absolut 1,94 cal [16a]).

Oxydationswärme (zu Arsentrioxyd) 1568,3 kcal für 1 Grammolekul [17]).

Härte: 3,5 (Mohssche Skala) [18]). Mäßig hart. Spröde.

Zusammendrückbarkeit (mittlere elastische Volumänderung durch 1 Megabar = 0,987 atm) zwischen 100 und 500 Megabar $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ [19]).

Farbe: grau-zinnweiß bis stahlgrau; auf frischen Bruchflächen metallglänzend. Als Pulver dunkelgrau bis schwarz ohne Glanz. Als Kolloid braun-schwarz. Der Dampf ist schwach gelblich[20]).

Lichtbrechungsvermögen des Dampfes s. [21]).

Spektrum[22]): Die stärksten und bezeichnendsten Linien sind im roten, grünen und ultravioletten Teil, die meisten mittelstarken im blauen Teil. Beim Erhitzen des Arsens an der Luft tritt bei 200° (in-

folge Oxydation) Phosphoreszenz auf[23]). Die Bunsenflamme wird fahlblau gefärbt[24]).

Atomrefraktion für die Wasserstofflinie α (nach der n-Formel) 20,22 [25]).

Elektrische Leitfähigkeit (reziproker Wert des Widerstandes in Ω für 1 ccm) bei 0° $2{,}85.10^4$, bei 100° $1{,}99.10^4$; bezogen auf Silber = 100, bei 18° 5,1. Für die Temperaturabhängigkeit gilt die Gleichung $k_t = k_o (1 + 0{,}0038996\,t + 0{,}000008879\,t^2)$ [26]).

Spezifischer elektrischer Widerstand bei 18° 370.10^{-7} Ω [27]).

Magnetische Eigenschaften: Arsen ist diamagnetisch negativ[28]). Magnetische Suszeptibilität, bezogen auf die Masseneinheit, bei $18° — 0{,}3.10^{-6}$ [29]). Atomistischer Magnetisierungskoeffizient s. [29a]). Thermomagnetische Eigenschaften s. [29b]).

Radioaktivität: Arsen ist inaktiv[29c]).

Verhalten gegen Gase[30]): Kristallisiertes Arsen verändert sich an trockner Luft nicht; an feuchter Luft verliert es Farbe und Glanz (läuft schwarz oder bunt an), überzieht sich mit einer matt-schwarzen Rinde und zerfällt schließlich zu einem schwarzen Pulver. In Sauerstoff erhitzt verbrennt es mit glänzend weißem Licht, an der Luft mäßig erhitzt unter Bildung eines rötlichen knoblauchartig riechenden Rauches, bei stärkerem Erhitzen mit blaßblauer Flamme zu arseniger Säure. Wasserstoff, Stickstoff verbindet sich nicht direkt mit Arsen. Mit Fluor, Chlor, Brom, Jod verbindet es sich leicht unter Feuererscheinung.

Verhalten gegen Wasser[30]): Mit Wasser bedecktes Arsen verwandelt sich an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur in arsenige Säure. Größere Mengen gepulvertes und mit Wasser befeuchtetes Arsen können sich dabei bis zur Entzündung erhitzen. Luftfreies Wasser wirkt selbst beim Kochen sowie bei Rotglut nur wenig ein.

Verhalten gegen andere chemische Stoffe[30]): Mit den meisten Metallen vereinigt es sich beim Erhitzen unter Bildung von Arseniden und Legierungen. Auch Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor, Antimon, Wismut verbinden sich direkt mit Arsen. Bor, Kohlenstoff, Silizium wirken nicht ein. — Oxydierende Säuren (Schwefelsäure, Salpetersäure, Königswasser) lösen unter Bildung von Oxyden (arsenige Säure, Arsensäure); andere Säuren (Fluorwasserstoff, Salzsäure) sind bei Abwesenheit oxydierender Stoffe ohne Wirkung. — Arsen löst sich in wäßrigem Ammoniak, Kalilauge, Natronlauge. — Ein Gemenge von Arsen und Kaliumchlorat verpufft bei starkem Schlag[31]), von Arsen und Kaliumnitrat beim Anzünden[32]). Arsen reduziert viele Salzlösungen (Ferrichlorid, -sulfat, rotes Blutlaugensalz, Kaliumpermanganat, Kaliumchlorat, Baryumnitrat, Goldchlorid, Kupfersalze).

Technisch wichtige Verbindungen und Legierungen: Arsenik (arsenige Säure), Sulfide (Realgar, Rauschgelb); Arsenblei (Schrot); Arsenkupfer (Weißkupfer).

Physiologische Eigenschaften: Arsen riecht beim Erwärmen knoblauchartig. Als Metall scheint das Arsen nicht giftig zu sein, wird dies aber durch seine leichte Oxydierbarkeit und ist dann ein starkes Protoplasmagift.

Materialprüfung: Beim Erhitzen in einem engen Rohr setzt sich unter Verbreitung von Knoblauchgeruch ein schwarzer Spiegel (sog. Arsenspiegel) an kälteren Stellen ab, der leichter als der Antimonspiegel flüchtig ist und sich in Hypochloritlösung löst. Mit etwas Salpetersäure betupft, verschwindet der Spiegel, bei nachfolgendem Betupfen mit Silbernitratlösung und Ammoniak bildet sich ein gelber Fleck. Oberhalb des Spiegels setzt sich am offenen Rohrende ein sehr flüchtiges kristallinisches weißes Sublimat ab, welches mit Silbernitratlösung und Ammoniak ebenfalls gelb, bzw. mit Schwefelammonium hellgelb wird. Der Schwefelammoniumfleck ist in konzentrierter Salzsäure nicht löslich, dagegen in Ammoniumkarbonatlösung.

Haltbarkeit: Wegen seiner leichten Oxydierbarkeit an feuchter Luft muß Arsen, besonders als Pulver, vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt werden. Bei unzureichendem Schutz können sogar Brände entstehen[30]).

Die Bearbeitbarkeit des Arsens ist durch seine Sprödigkeit und seine Oxydierbarkeit sehr beschränkt.

Verwendbarkeit: Als Zusatz zu Blei (Schrot), Bronzen (Spiegelmetall). Früher wurde es viel zur Herstellung von Weißkupfer, welches jetzt durch Neusilber ersetzt ist, benutzt. Die wäßrige Abkochung dient als Fliegengift. Ferner wird es gelegentlich zur Herstellung von Verbindungen, besonders Realgar, Rauschgelb, sowie zur Extraktion von Nickel aus nickelhaltigen Zwischenprodukten und Abfällen und in der Feuerwerkerei verwendet.

Literatur:

1. Internat. Atomgewichtskommission seit 1910. Baxter u. Coffin, Z. anorg. Ch. **62**, 50 (1909).
2. Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. d. anorg. Ch. **III**, **2**, 418 (1908). Doelter, Handb. d. Mineralch. **III**, 607 (1914). Abegg, Handb. d. anorg. Ch. **III**, **3**, 497 (1907).
3. Kohlschütter, Frank u. Elers, Lieb. Ann. **400**, 300 (1913).
4. Deville u. Troost, Compt. rend. **56**, 591

(1863). Mensching u. V. Meyer, Ber. chem. Ges. **20**, 1833 (1887). V. Meyer u. Biltz, Ber. chem. Ges. **22**, 726 (1889); Z. physik. Ch. **4**, 249 (1889).
5. Link, Ber. chem. Ges. **32**, 892 (1899). Erdmann u. v. Unruh, Z. anorg. Ch. **32**, 449 (1902). Erdmann u. Reppert, Lieb. Ann. **361**, 13 (1908). Stock u. Siebert, Ber. chem. Ges. **37**, 4572 (1904); **38**, 966 (1905).
6. Link, Z. anorg. Ch. **56**, 400 (1908). Retgers, Z. anorg. Ch. **4**, 423 (1893).
7. Bettendorff, Lieb. Ann. **144**, 112 (1867). Engel, Compt. rend. **96**, 467, 1314 (1882). Jolibois, Compt. rend. **152**, 1767 (1911).
8. Retgers, Z. anorg. Ch. **4**, 403 (1893).
9. Jonker, Z. anorg. Ch. **62**, 91 (1909). Mallet, Chem. News **26**, 97 (1872). Jolibois, Compt. rend. **152**, 1767 (1911). Goubau, Compt. rend. **158**, 121 (1914).
10. Krafft u. Knocke, Ber. chem. Ges. **42**, 202 (1909).
11. Jonker, Z. anorg. Ch. **62**, 103 (1909).
12. Bettendorff, Lieb. Ann. **144**, 112 (1867).
13. Mallet, Chem. News **26**, 97 (1872).
14. Fizeau, Pogg. Ann. **138**, 26 (1869); Compt. rend. **68**, 1125 (1869).
15. Thorpe, J. Chem. Soc. **37**, 378 (1880). Kopp, Lieb. Ann. **100**, 19 (1856).
16. Wiegand, Ann. Phys. [4] **22**, 64 (1907).
16a. Ewald, Ann. Phys. [4] **44**, 1213 (1914). Dewar, Proc. Roy. Soc. London **89** [A], 158 (1913). Richards u. Jackson, Z. physik. Ch. **70**, 414 (1910).
17. Petersen, Z. physik. Ch. **8**, 604 (1891).
18. Rydberg, Z. physik. Ch. **33**, 356 (1900).
19. Richards, Z. El. Chem. **13**, 519 (1907).
20. Schüller, Chem. Ztg. **1888**, 271. Michel in Doelters Handb. **III**, 607 (1914). Schenk, in Abeggs Handb. **III 3**, 500 (1907).
21. Haagen, Pogg. Ann. **131**, 117 (1867). Gladstone, Proc. Roy. Soc. **16**, 439 (1867/68); **18**, 49 (1869/70); **60**, 140 (1896). Doelter, Handb. d. Mineralch. **III**, 600. Landolt-Börnstein, Tabellen, 4. Aufl. 1912, S. 1020, 1040. Cuthbertson u. Metcalfe, Proc. Roy. Soc. [A] **79**, 202 (1907); **83**, 149, 151 (1909).
22. Thalén, Ann. de chim. [4] **18**, 244 (1869). Kaiser u. Runge, Wied. Ann. **52**, 93 (1894). Exner u. Hatschek, Wellenlängentabellen der Bogenspektren I u. II (1904), der Funkenspektren I und II (1902). Herpetz, Ztschr. wissensch. Photogr., Photophysik und Photochemie **4**, 196 (1906).
23. Bloch, Compt. rend. **149**, 775 (1909).
24. Bunsen, Lieb. Ann. **138**, 257 (1861).
25. Haagen, Pogg. Ann. **131**, 117 (1867). Gladstone, Proc. Roy. Soc. **16**, 439 (1867); **18**, 49 (1870).
26. Matthiesen u. Bose, Pogg. Ann. **115**, 353 (1862). Vgl. Landolt-Börnstein, Tabellen, 4. Aufl. 1912, S. 1071.
27. Landolt-Börnstein, Tabellen, 4. Aufl. 1912, S. 1090, 1118.
28. Winkelmann, Handb. d. Physik **V**, 263, 297 (1908). Pascal, Ann. chim. phys. [8] **19**, 5 (1910).
29. Honda, Ann. Phys. [4] **32**, 1027 (1910).
29a. Pascal, Compt. rend. **158**, 1895 (1914).
29b. Owen, Ann. Phys. [4] **37**, 657 (1912).
29c. Lewin u. Ruer, Physik. Z. **10**, 576 (1909).
30. Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. d. anorg. Ch. **III**, **2**, 423 (1908).
31. Fourcroy u. Vauquelin, Ann. chim. [1] **21**, 237 (1797).
32. Slater, J. pr. Chem. **60**, 247 (1853).

E. Groschuff.

Arsendisulfid, Realgar, rotes Rauschgelb, Rubinschwefel, Arsenrot, Rauschrot; lat: arsenium sulfuratum rubrum; frz.: arsenic rouge; engl.: red arsenic. Chem. Zus.: As_2S_2. Mol.-Gew. 214,0. As: 70,09%, S: 29,91%. Pomeranzengelbes Pulver oder morgenrote bis hyazintrote, durchscheinende kristallinische Masse, oder bei einem Gehalt an Arsentrioxyd glasig amorph. Spez. Gew. 2,3—3,3. Beim Erhitzen färbt es sich rot- bis schwarzbraun, schmilzt leichter als Arsentrisulfid und erstarrt beim Erkalten kristallinisch. Bei Luftabschluß erhitzt sublimiert es unzersetzt. Beim Erhitzen an der Luft zersetzt es sich unter Sauerstoffaufnahme in ein Gemenge von Arsentrisulfid und -trioxyd. Bei stärkerem Erhitzen verbrennt es zu Arsentrioxyd und schwefliger Säure. Beim Erhitzen eines Gemisches von Realgar mit Kaliumnitrat tritt lebhafte Verpuffung ein. Beim Kochen mit Ätzalkalien zerfällt es in Arsen und Arsentrisulfid.

Verwendung: Realgar wird verwendet in der Feuerwerkerei, für Weißfeuer: 10 T. Realgar, 12 T. Antimon, 70 T. Kaliumnitrat, 14 T. Schwefel, 1 T. Schellack. Griechisches Weißfeuer besteht aus einem Gemenge von 2 T. Realgar, 24 T. Salpeter und 7 T. Schwefel. In der Gerberei bildet es, mit Kalkmilch gemischt, ein energisches Enthaarungsmittel. Es dient ferner zur Schrotfabrikation, in der Zeugdruckerei zur Reduktion des Indigos; früher wurde es vielfach als Malerfarbe verwendet.

Bezugsquellen: Gehe u. Co., Dresden-N.; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover.

Ed. Schenk.

Arsenige Säure, Arsentrioxyd, Arsenik, weißer Arsenik, Hüttenrauch, Giftmehl, lat.: acidum arsenicosum; frz.: acide arsénieux; engl.: arsenious acid. Chem. Zus.: As_2O_3. Mol.-Gew. 197,7. As_2: 75,78%, O: 24,22%. Durchsichtige glasige Masse (Arsenglas) oder durchscheinende bis gelbliche Stücke von muschligem Bruch. Spez. Gew. 3,69 (krist.), 3,74 (amorph.). Geschmack schwach zusammenziehend, metallisch süß. Wird beim langen Liegen trübe und undurchsichtig. Beim Erhitzen schmilzt die arse-

nige Säure und sublimiert bei 218° in regulären Oktaedern. Bildungswärme: $As_2 + 3O = As_2O_3 + 156{,}4$ kcal. Arsentrioxyd löst sich in Wasser nur schwierig.

Löslichkeit der arsenigen Säure in Wasser von 15° (Clayton):

Vol.-Gew.	Proz. As_2O_3	Vol.-Gew.	Proz. As_2O_3
1,0023	0,27	1,0177	2,18
1,0079	0,98	1,0254	3,20

1 Liter Wasser löst bei

2°	15°	25°	40° Temp.
12,0	16,6	20,4	29,3 g As_2O_3.

Löslichkeit von Arsentrioxyd in 100 Tl. Alkohol verschiedener Konzentration bei 15°:

Vol.-Proz. Alkohol	g As_2O_3	Vol.-Proz. Alkohol	g As_2O_3
56	0,504	84	0,565
79	0,540	100	1,060

Die wässrige Lösung der arsenigen Säure besitzt einen süßlichen und unangenehm metallischen Geschmack. Sie reagiert nur schwach sauer und ist äußerst giftig. In Säuren ziemlich leicht löslich. Beim Kochen der salzsauren Lösung verflüchtigt sich Arsentrichlorid. Naszierender Wasserstoff reduziert arsenige Säure zu Arsenwasserstoff. Beim Überleiten von Wasserstoff oder durch Einwirkung von Kohle, Kohlenoxyd, Kaliumzyanid, Alkalimetalle, Zink auf erhitztes Arsentrioxyd findet Reduktion zu Arsen statt. Das reduzierte Arsen setzt sich dabei im kalten Teile des Gefäßes als Spiegel ab. Durch Salpetersäure, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoffsuperoxyd wird arsenige Säure zu Arsensäure oxydiert. Arsenige Säure wirkt selbst reduzierend: Aus Kupfer- und Silberlösung fällt Kuprooxyd bezw. met. Silber.

Arsenige Säure ist ein sehr starkes Gift. Dosen von weniger als 0,06 g wirken mitunter schon tödlich. Durch Gewöhnung können Dosen von 0,25 g und mehr vertragen werden. Gegenmittel: Magenspülungen, Einnehmen von einem frisch gefällten Gemenge von Eisen- und Magnesiumhydrat oder Gaben von gebrannter Magnesia (70 g Magnesia auf 500 g destill. Wasser). Sofort 5 Eßlöffel voll, dann alle 5 Minuten 1 Eßlöffel. Auch Kalkwasser innerlich und als Magenspülung. Arzt!).

Quantitative Bestimmung: Die mit Salzsäure stark angesäuerte Lösung wird durch anhaltendes Einleiten von Schwefelwasserstoff in der Kälte vollständig als Arsentrisulfid gefällt. Dieses wird auf ein gewogenes Filter gebracht, mit Wasser, Alkohol, dann mit Schwefelkohlenstoff und wieder mit Alkohol ausgewaschen, bei 110° getrocknet und gewogen.

Verwendung: Zur Herstellung von Arsenverbindungen, z. B. von Arsensäure durch Oxydation mit Salpetersäure, von Kaliumarseniat für Zeugdruck durch Zusammenschmelzen von gleichen Teilen Arsentrioxyd und Kaliumnitrat, von Kakodylpräparaten. Aus Arsentrioxyd und Kaliumazetat erhält man das Kakodyloxyd; von Arsentrisulfid; zur Herstellung verschiedener Farben (Schweinfurter Grün, Scheeles Grün). In der Glasfabrikation dient arsenige Säure als Läuterungsmittel und zur Oxydation der Kohle, des Schwefelnatriums und der Eisenoxydulverbindungen. Es verleiht dem Glase Glanz und erhöht dessen Widerstandsfähigkeit. Nach DRP. 108595 verwendet man als Zusatz z. B. eine Mischung von 10 T. Arsentrioxyd, 30 T. Braunstein, 25 T. Selen, 20 T. Wismutoxyd und 15 T. Nickeloxydulhydrat. Arsenige Säure dient ferner als Arznei- und Genußmittel, als Mittel, um z. B. Pferden ein volles Aussehen und glänzende Haare zu geben, zum Konservieren von anatomischen, zoologischen und botanischen Präparaten. Nach Wicke, Dingl. Journ. 131, 719 streicht man die Bälge der auszustopfenden Tiere mit einer Mischung von Arsenik, Sublimat und Essigsäure aus. Es dient ferner als Beize in der Kattundruckerei und zur Behandlung der Haare in der Hutmacherei. Zu Herstellung von Giftweizen (Fructus Frumentis venenatus) durch Tränken von Weizenkörnern mit der Lösung und Färben mit Malachitgrün oder Fuchsin. Für Rattengift verwendet man z. B. 1000 T. Talg, 1000 T. Weizenmehl, 1000 T. Arsenik, 10 T. Kienruß, 1 T. Anisöl (Seifensiederztg. 1911, 604) zur Herstellung arsenhaltiger Spritzbrühen zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen, s. a. Desinfektionsmittel, 32; zum Graubeizen von Messing und Bronze.

An Stelle des giftigen Arseniks verwendet man in der Glasfabrikation meist andere Oxydations- und Läuterungsmittel wie Braunstein, Salpeter oder Einblasen von Luft in die geschmolzene Glasmasse. Als Vertilgungsmittel von tierischen Schädlingen verwendet man vielfach Strychnin.

Im Jahre 1913 wurden eingeführt: von Belgien 682,7 t, von China 26,6 t; ausgeführt wurden: nach Frankreich 198,9 t, Österreich-Ungarn 348,5 t, Vereinigte Staaten 1094,7 t.

Deutschlands Außenhandel an Arsenik, Arsensäure und anderen Arsenverbindungen:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1905	690	207	862	302
1906	381	172	2382	1132
1907	431	216	1733	953
1908	453	204	1914	1076
1909	834	235	1003	364
1910	733	176	1492	482
1911	486	121	1973	598
1912	701	280	2369	1128
1913	1025	338	2612	1392

Preise: Arsenige Säure, % kg M.
weiß, in Stücken 60,00
„ „ Pulver 50,00
chem. rein, in Stücken, DAV. . . 75,00
„ „ „ Pulver, DAV. . . 70,00

Bezugsquellen: Arthur Barth, Hamburg, Luisenhof; Gebrüder Borchers, Goslar; Gehe u. Co. AG., Dresden-N.; H. Güttler, Arsenik-Berg- u. Hüttenwerk „Reicher Trost", Reichenstein (Schlesien); E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; C. A. F. Kahlbaum, Berlin-Adlershof; Lehmann u. Voß, Hamburg; Rinau-Kessel, Cöln a. Rh., Weichserhof 4; Vereinigte elektrochemische Fabriken Dr. Oskar Hahn, Markranstädt (Sachsen).

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 1. Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chem. **3**, 2.

Ed. Schenk.

Arsenik s. Arsenige Säure.
Arseniksäure s. Arsensäure.
Arsenkupferlegierungen s. Legierungen I c, 3.

Arsenpentasulfid, lat.: arsenium pentasulfuratum. Chem. Zus.: As_2S_5. Mol.-Gew. 310,3. As: 48,37%, S: 51,63%. Hellzitronengelbes Pulver, das aus dem Schmelzflusse rötlich gelb erstarrt. Beim Erhitzen unter Luftabschluß sublimiert es unzersetzt. In kochenden Alkalien, Ammoniak, Alkalisulfiden ist es zu Sulfarseniaten löslich. Aus diesen Lösungen kann die Sulfarsensäure (H_3AsS_4) in freiem Zustande ausgeschieden werden. Diese zersetzt sich jedoch beim Kochen in As_2S_5 und Schwefelwasserstoff. Arsenpentasulfid ist in Wasser, Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff, Salzsäure unlöslich. Durch konz. Salpetersäure oder Königswasser wird es zu Arsensäure resp. Arsentrichlorid oxydiert. Schmelzendes Kaliumzyanid und Soda reduzieren es zu Arsen.

Arsenpentasulfid findet nur geringe technische Anwendung.

Preise: Arsenpentasulfid,
geschmolzen, chem. rein 1 kg M. 11,00
gefällt, „ „ 1 „ „ 11,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **3**, 1. Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie **3**, 2.

Ed. Schenk.

Arsenpentoxyd s. Arsensäure.
Arsenrot s. Arsendisulfid.

Arsensäure, Arseniksäure, Arsenpentoxyd (wasserfrei), lat.: acidum arsenicicum; frz.: acide arsénique; engl.: arsenic acid. Chem. Zus.: H_3AsO_4, wasserfrei As_2O_5. Mol.-Gew. 230,0. As: 65,22%, O: 34,78%. Bildet eine weiße amorphe Masse oder durchsichtige rhombische Kristalle ($2H_3AsO_4 . H_2O$). In feuchter Luft zu einer sirupdicken Flüssigkeit zerfließlich. Geht beim Erhitzen in wasserfreies Arsenpentoxyd, As_2O_5, über, das bei schwacher Rotglut schmilzt, wobei es in Arsentrioxyd und Sauerstoff zerfällt. In Wasser leicht löslich.

Die wässrige Lösung reagiert stark sauer, schmeckt sauer und scharf und ist giftig. Beim Einengen der wässrigen Lösung erhält man die Arsensäure in sirupartiger Form. Die Arsensäure wird durch naszierenden Wasserstoff zu Arsenwasserstoff reduziert. Die Lösung der Salze wird durch schweflige Säure zu arsenigsauren Salzen reduziert. Ihre Schwermetallsalze werden durch Kochen mit Alkalilaugen zersetzt.

Anwendungen: In der Kattundruckerei; zur Herstellung von hochkonzentriertem Wasserstoffsuperoxyd aus hochprozentiger Arsensäure mit Bariumsuperoxyd und Destillation (Aschkenasy, DRP. 298320). Die Alkaliarseniate dienen mit oder ohne Zusatz von Dinitrophenolen zum Imprägnieren von Grubenholz (DRP. 300955, Z. angew. Ch. 30. II. (1917), 348).

Preise: Arsensäure,
techn. flüssig (75° Bé) . % kg M. 65,00
„ „ (65° Bé)
eisenfrei . % „ „ 130,00
„ „ geschmolzen % „ „ 75,00
gereinigt, Pulver . . . % „ „ 170,00
chem. rein, Pulver . . 1 „ „ 3,90

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover.

Literatur:
Dammer, Handb. der anorg. Chemie 2, 1. Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 2.

Ed. Schenk.

Arsentrioxyd s. Arsenige Säure.

Arsentrisulfid, Auripigment, Operment, Rauschgelb, Chinagelb, Spanischgelb, Königsgelb, gelbes Schwefelarsen; lat.: arsenium sulfuratum citrinum; frz.: sulfure d'arsenic jaune; engl.: orpiment. Chem. Zus.: As_2S_3. Mol.-Gew. 246,2. As: 60,98%, S: 39,02%. Zitronengelbes, durchscheinendes, kristallinisches Pulver vom spez. Gew. 2,76. Beim Erhitzen schmilzt es leicht zu einer rubinroten Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer harten roten Masse erstarrt. Unter Luftabschluß erhitzt verflüchtigt es sich unzersetzt. In Ätzalkalien, Alkalisulfiden und Alkalikarbonaten, auch Ammoniumkarbonat ist Arsentrisulfid zu Arseniten und Sulfarseniten löslich. Aus diesen Lösungen erhält man durch Fällen mit Schwermetallsalzen die entsprechenden Sulfarsenite der Schwermetalle. Arsentrisulfid ist in konz. Salzsäure unlöslich. Chlorgas bildet Arsentrichlorid und Schwefeldichlorid. Schwefelsäure zersetzt es in arsenige Säure und Schwefeldioxyd. Von konz. Salpetersäure wird es lebhaft oxydiert.

Verwendung: In der Malerei als Königsgelb, als Reduktionsmittel für Indigo in der Zeugdruckerei, als Enthaarungsmittel (bes. mit Kalk) (Rhusma der Orientalen).

Preise:

	%	kg M.
Auripigment in Stücken		70,00
„ „ Pulver		75,00
Schwefelarsen, gelb, gefällt techn. Nr. 1		120,00
„ „ „ „ Nr. 2		100,00
„ „ „ chem. rein 1 kg M.		3,50
„ „ „ chem. rein		340,00

Bezugsquellen: H. Güttler, Arsenik-Berg- und Hüttenwerk „Reicher Trost", Reichenstein, Schlesien.

Ed. Schenk.

Arvenholz s. Holz VII, 3 b.
Asberrymetall s. Legierungen V B, 2.
Asbest s. Textilien A I, 1; B II, 1; C II, 1.
Asbestholz s. Steine V, F.
Asbestkunststeine s. Steine III, 11.
Asbestolithschiefer s. Steine III, 11 u. V, F.
Asbestschiefer s. ebenda.
Asbestzementschiefer s. ebenda.
Aschblei s. Wismut.
Äscher s. Tonwaren, Leder.
Aseptin s. Borsäure, Verwendung.
Aseptol s. Desinfektionsmittel 89.

Asphalt. Die Bezeichnung stammt vom griechischen asphaltos, womit ein unveränderlicher Körper bezeichnet wird; lat.: asfaltum; engl.: asphalt; franz.: asphalte. Das Wort Asphalt wird nicht für ein eindeutig zu kennzeichnendes Material gebraucht, sondern ziemlich wahllos für Naturasphalte, Erdölrückstände, Peche, Teerrückstände u. dgl. wenn sie nur der Eigenschaft genügen, schwarz und schmelzbar zu sein. Stein- und Braunkohlenteerpeche sowie andere Teerrückstände führen den Namen Asphalt zu Unrecht, sie werden richtig mit dem Ausdruck Peche bezeichnet. Die eigentlichen Asphalte sind natürliche, teilweise auch künstliche Oxydations- und Polymerisationsprodukte von Erdölen, oft im Gemisch mit Mineralbestandteilen. Überwiegen die Mineralbestandteile derart, daß das Gemisch nicht mehr schmelzbar ist, so spricht man von Asphaltgesteinen. Die Asphalte gehören zu der größeren Klasse der Bitumina, worunter man im wesentlichen die natürlich vorkommenden Kohlenwasserstoffverbindungen versteht, vor allem das Erdöl und seine Derivate.

Chemische Zusammensetzung: Alle Asphalte sind Verbindungen von Wasserstoff mit Kohlenstoff, gewöhnlich enthalten sie noch Schwefel und Sauerstoff, selten auch geringe Mengen Stickstoff. Die Zusammensetzung wechselt sehr je nach der Herkunft des Asphalt und des Erdöles, das seiner Bildung zugrunde lag. Je härter und höher schmelzbar ein Asphalt ist, um so wasserstoffärmer ist er in der Regel. So enthält

z. B. Trinidad-Asphalt aschefrei 82,33% C
10,69% H,
6,16% S,
ein harter Gilsonit dagegen 89,28% C,
8,66% H
1,79% S

Die Molekulargewichte von Asphalten sind noch nicht bestimmt worden, sie sind wahrscheinlich ziemlich hoch, man wird die Asphalte den Kolloiden zurechnen müssen. Bei gewöhnlicher Temperatur sind die Asphalte fest, doch gibt es eigentlich keinen scharfen Übergang von dem flüssigen Petroleum bis zum harten Asphalt, da ja der Asphalt selbst ein Ergebnis der Oxydation und Polymerisation des Erdöls ist und sich natürlich alle Zwischenstufen der beiden Endglieder vorfinden.

Struktur: Die Asphalte sind nicht kristallisierbar, sondern bilden nach dem Erstarren amorphe Massen, die härteren zeigen muscheligen Bruch und oft hohen Glanz.

Schmelzbarkeit: Je mehr sich die Asphalte dem Erdöl nähern, um so leichter schmelzbar sind sie. Je älter sie sind, d. h. je mehr

der Asphaltierungsprozeß in ihnen fortgeschritten ist, um so höher ist der Schmp. oder vielmehr Erweichungspunkt. Es gibt reine Asphalte, wie den Grahamit, die überhaupt nicht ohne Zersetzung schmelzbar sind, sondern sich beim Erhitzen nur unter Zersetzung aufblähen. Infolge ihres amorphen Charakters zeigen die Asphalte keinen scharfen Schmp. und infolgedessen auch keinen Haltepunkt beim Erstarren, es findet vielmehr nur ein allmähliches Festerwerden statt.

Die *spez. Wärme* ist ähnlich der der Mineralöle, etwa 0,4 bis 0,5.

Härte: Die Asphalte zeigen alle Grade der Härte von zähflüssig bis etwa zur Härte der Steinkohle, wie z. B. beim Grahamit.

Dehnbarkeit: Die Dehnbarkeit hängt von der Zusammensetzung der Asphalte ab. Reine Asphalte von niedrigem Schmp. lassen sich ziemlich lang ausziehen, ehe der Faden zerreißt. Je härter der Asphalt, um so geringer die Dehnbarkeit; aber auch bei weichen Asphalten wird die Dehnbarkeit durch Gegenwart von Paraffin gleichfalls sehr herabgesetzt. Wenn auch Naturasphalte an sich fast paraffinfrei sind, so kommen doch in neuer Zeit Asphalte aus paraffinhaltigen Erdölen hergestellt in den Handel, die infolgedessen „kurz" sind, d. h. beim Versuch sie zu dehnen, reißen sie schon nach Kurzem ab.

Biegsamkeit und Elastizität: Die meisten Asphalte sind biegsam, von den harten und schmelzbaren Arten abgesehen; mit der Temperatur steigt auch die Biegsamkeit. Elastisch sind die Asphalte nicht, doch kann man durch Behandeln mit Oxydationsmitteln den Asphalten eine gewisse Elastizität verleihen.

Löslichkeit: Die Asphalte sind unlöslich in Wasser, fast unlöslich in Alkohol. Je weicher die Asphalte, um so besser sind sie unter gleichen Umständen löslich in denselben Lösungsmitteln als die härteren Asphalte.

Das beste Lösungsmittel ist Schwefelkohlenstoff, dann folgt Chloroform, Benzol u. dgl. Die harten Sorten lösen sich nur in Schwefelkohlenstoff, Löslichkeitsgrenzen gibt es nicht, die Asphalte sind gewöhnlich mit den Lösungsmitteln, in denen sie sich lösen, in jedem Verhältnis mischbar.

Elektrische Leitfähigkeit: Die Asphalte sind Nichtleiter der Elektrizität und werden deshalb im größten Maßstabe bei der Herstellung von Isolationsmitteln in der Elektrotechnik verwendet.

Verhalten gegen Säuren und Alkalien: Gegen Säuren und Alkalien sind die Asphalte bei gewöhnlicher Temperatur beständig. Von heißer Schwefelsäure werden sie bei hoher Temperatur unter Zersetzung der Säure angegriffen.

Klassifikation: Man unterscheidet Naturasphalte und künstliche Asphalte. Die natürlichen Asphalte werden eingeteilt (nach Höfer) in

1. Eigentliche Asphalte oder Erdpeche, als deren typischer Vertreter der Asphalt von Trinidad angesehen werden muß. Hierher gehören ferner die Asphalte vom Toten Meer, Bermudez, Maracaibo, (Venezuela), Bejucal (Cuba), Tamesi-River, Tuxpan und Chapapote (Mexiko), La Patera und Santa Barbara (Kalifornien).

2. Asphaltite oder Glanzpeche, worunter die Nichtasphalte oder Pyrobitumen Clifford Richardsons zu zählen sind. Als typischer Vertreter dieser Klasse muß der syrische Asphalt aufgestellt werden. Ferner rechnet man hierzu den Gilsonit (Utah und Kolorado), Grahamit (Indianerterritorium, Westvirginia, Kolorado), Manjac (Barbados) Albertit (Cuba, Mexico, Utah, Indianerterritorium), Wurtzilit oder Uinthait (Utah).

3. Asphalthaltiges Gestein, wie Asphaltkalkstein vom Val de Travers (Schweiz), Seyssel und Bastennes (Frankreich), Limmer, Vorwohle und Lobsann (Deutschland), Brazza und Morawitza (Dalmatien), Chieti, Salerno, Ragusa und Syracus (Italien), Maratheupolis (Griechenland) Ashley Creek und Clear Creek (Utah), Smythe Ranch (Texas) und anderen Orten. Ferner die asphaltigen Sande und Sandsteine, wie die von Lobsann und Hordorf (Deutschland), Tataros und Derna in Österreich-Ungarn, den Schigulewschen Bergen (Rußland), aus Kentucky, Kalifornien, Utah und dem Indianerterritorium (Nordamerika) und von anderen Orten. Das Bitumen der Asphaltgesteine gehört zur Klasse der Asphalte.

Die künstlichen Asphalte sind Rückstandsprodukte von der Destillation asphalthaltiger Erdöle. Je mehr das Erdöl schon an sich natürlich vorgebildeten Asphalt enthält und je paraffinärmer es war, um so mehr nähert sich der künstliche Asphalt in seinen Eigenschaften dem Naturasphalt. Besonders geeignet für die Herstellung künstlicher Asphalte sind die asphaltreichen Erdöle von Mexico, Californien und Trinidad, aber auch aus anderen paraffinarmen Erdölen, wie z. B. rumänischen Erdölen, auch deutschem Erdöl hat man gute künstliche Asphalte erzeugt.

Von den Erdölen wird Benzin, Leichtöl, Gasöl und leichtes Schmieröl durch Destillation abgetrieben und als Rückstand hinterbleibt dann in geschmolzenem Zustand, immer noch mit schweren Ölen vermengt, der künstliche Asphalt oder

Petrolasphalt. Je weiter man die Destillation treibt, um so mehr Öle gewinnt man, um so härter wird der Rückstand, um so mehr aber steigt auch die Gefahr, daß durch hohe Temperatur und teilweise Zersetzung der Asphalt an Qualität leidet. Die Güte des so hergestellten Asphaltes hängt also nicht nur von der Natur des verwendeten Erdöls, sondern auch von der Art und Weise der Destillationsführung ab. Nachstehend sind einige Eigenschaften verschiedener natürlicher und künstlicher Asphalte angegeben:

Herkunft des Asphaltes	Aussehen	Bitumengehalt %	Schmelzpunkt Grad	Spez. Gewicht	Mineralbestandteile %
Trinidad	braunschwarz	56	84	1,40	43
Bermudez	schwarz, glänzend	96	65	1,057	3
Gilsonit	tiefschw. glänzend	100	über 100	—	—
Grahamit	schwarz, steinkohlenähnlich	100	unschmelzbar	—	—
Italien. Asphalt	graubraun bis schwarzbraun	10—25	schmilzt nicht, zerfällt beim Erhitzen in Pulver	—	75—90
Selenitza	—	etwa 75	über 100	—	20—25
Cuba	schwarzbraun	etwa 75	über 100	1,30	22
Californischer von La Patera . . .	schwarzbraun	50	über 100	1,38	49
Ölpech von Baku	schwarz	92	66	1,1	Spuren
Ölpech von Californien „D" Grade.	schwarz	99	etwa 70	—	Spuren
Navahoasphalt . .	schwarz, glänzend	100	50—60	über 1	Spuren
Mexican-Eagle-asphalt	schwarz, glänzend	99,80	50—60	über 1	Spuren

Handelsformen: Die Naturasphalte kommen als Rohasphalte oder raffinierte Asphalte in den Handel. Der Rohasphalt wird direkt lose in Schiffen versandt, er bildet dabei in der Wärme zusammensinternde Stücke, die am Bestimmungsort wieder mit Hacken aus den Schiffen entfernt werden müssen. Die Raffinate, die sich gegenüber dem Rohasphalt im wesentlichen nur durch das Fehlen von Wasser auszeichnen, kommen in Spanfässern von 100—200 kg Gewicht in den Handel, teilweise auch schon als gebrauchsfertige Produkte, die durch Verschneiden des Asphaltes mit Ölen hergestellt wurden, sog. Goudrons oder Zemente, die weicher sind, als Asphalte.

Die Asphaltite sind so fest, daß sie gewöhnlich lose in Säcken verpackt versandt und gehandelt werden, sie sintern auch bei hoher Lufttemperatur nicht zusammen. Asphaltgesteine kommen stets in Stücken und lose versandt auf den Markt; teilweise werden die Stücke, wie bei der Verwendung zum Stampfasphalt, auch gepulvert und so versandt, soweit die Zerkleinerung und Pulverisierung nicht am Verwendungsort geschieht. Gemische von Naturasphalt mit Asphaltgestein, sog. Mastix, der etwa 15—20% reinen Asphalt enthält und gerade noch schmelzbar ist, werden in runde oder eckige Brote etwa 30—50 kg schwer, gegossen und so gehandelt.

Petrolasphalt wird je nach seinem Schmp. entweder in Fässern von etwa 100—200 kg gehandelt, härtere Sorten kommen auch in Form von gekalkten (um das Zusammenkleben zu verhindern) Blöcken auf den Markt. In Amerika, dem Hauptproduktionsort von künstlichen Asphalten, findet, namentlich bei weichen Asphalten, die direkt zum Straßenbau verwendet werden, der Versand auch in geschmolzener Form in eisernen, heizbaren Bahnkesselwagen von 35—50 Tonnen Inhalt statt. Soweit die Asphalte nicht lose verladen werden, wird entweder die Tara besonders berechnet oder auch je nach der Vereinbarung die Ware brutto für netto geliefert. Bei Trinidad-Asphalt hatte sich der Abzug von 4% Taravergütung an vielen Stellen eingeführt. Haupthandelszentralen für Asphalt sind New York, Tampico (Mexico), Brighton in Trinidad, London, in Deutschland hauptsächlich Hamburg und Bremen.

Verwendung: Die hauptsächlichste Verwendungsform der Asphalte ist der Straßenbau. Bei uns in Europa ist die Asphaltstraße namentlich in ihrer modernsten Form der Walzasphaltstraße noch ver-

hältnismäßig wenig bekannt, in Amerika dagegen liegen schon über 200 Mill. qm Straßen nach diesem System, das ist das Vielfache aller in Europa zusammen vorhandenen Asphaltstraßen. Die älteste Form der Asphaltstraße ist die aus Europa stammende Stampfasphaltstraße. Dafür bedient man sich der Asphaltgesteine, die etwa 8—12% Asphaltbitumen enthalten. Die Gesteine werden gepulvert, das Pulver erhitzt und in dieser Form auf eine feste Unterlage gebracht, meist Beton, und mit eisernen Stampfern komprimiert. Die einzelnen Teile backen dabei zusammen und nach dem Erkalten ist die Straße fertig für den Gebrauch.

Die zweite Art der Straßenbefestigung ist der Gußasphalt. Hierbei werden die Asphaltgesteine mit anderen reichen Asphalten versetzt, so daß sie ein schmelzbares Gemenge geben (s. o. Mastix), dem in der Hitze flüssigen Brei wird noch Sand und Kies eingerührt, so daß das Gemenge eben noch fließt, es wird in dieser Form auf die vorbereitete Unterlage gebracht, mit Spachteln verstrichen und geglättet und bildet nach dem Erkalten den Gußasphalt, der nicht so oft für Straßen, mehr aber für Fabrikfußböden, Höfe u. dgl. angewendet wird. Die jüngste Form ist der Walzasphalt. Hierbei wird ein Gemenge von erhitztem Sand und Steinschlag mit geschmolzenem Asphalt gemischt, der durch Ölzusatz auf einen bestimmten Weichheitsgrad gebracht worden ist. Dieses Gemisch wird gleichfalls heiß auf der Unterlage, die damit asphaltiert werden soll, ausgebreitet, durch Walzen festgedrückt, so lange das Gemisch noch heiß und plastisch ist und bildet dann nach dem Erstarren den Walzasphalt. Man unterscheidet Asphaltmacadam, bei dem nur ein Gemisch von Sand und Steinen in dem Asphalt versetzt angewendet wird, ferner Sandasphalt (Sheetpavement), bei dem auf das Asphaltmacadamgemisch noch eine Schicht von Sand und Asphalt aufgetragen wird und der für sehr schweren Verkehr bestimmt ist. Eine besonders billige Ausführungsform des Asphaltmacadams ist die nach der Tränk- oder Penetrationsmethode, bei der man gewöhnlichen Steinschlag unangewärmt auf die Straße bringt, etwas anwalzt, dann mit geschmolzenem Asphalt übergießt, der nach dem Erkalten die Steine verkittet. So lange der Asphalt noch warm ist, wird die Schicht fertig gewalzt, um die Steine in die endgültige Lage zu bringen; schließlich wird durch einen Asphaltaufstrich noch die Oberfläche geschlossen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern. Diese Methode ist die billigste und für viele Zwecke anwendbar, in ihrer Ausführung aber von gutem Wetter abhängig. Der Hauptzweck der Herstellung von Asphaltstraßen ist neben der Absicht, das Straßengeräusch zu dämpfen, den Straßenkörper gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit abzuschließen, damit er bei nassem Wetter nicht verschlammt und bei trockenem Wetter nicht staubt, wodurch zu gleicher Zeit die Lebensdauer der Straße außerordentlich verlängert wird.

Ein ähnlicher Zweck wird verfolgt bei der Anwendung des Asphaltes zum Schützen von Dächern. Die Dachkonstruktion soll gegen die Einwirkung des Regens geschützt, so vor dem Verfaulen bewahrt werden und zugleich soll das Eindringen des Wassers in das Innere der Häuser verhindert werden. Das geschieht durch Belegen der Dächer mit Asphaltpappe. Schon früher hat man für diesen Zweck (auch jetzt noch) Teerpappe verwendet. Doch hat der Teer die unangenehme Eigenschaft, nach und nach unter der Einwirkung der Sonne zu erhärten und zu einem Pulver zu zerfallen, wodurch es notwendig wird, beinahe jedes Jahr auf das Dach einen neuen Teeranstrich aufzubringen. Der Asphalt ist gegenüber den Einflüssen der Atmosphärilien viel beständiger und die mit Asphalt hergestellte Bedachung ist infolgedessen weit weniger oft Reparaturen unterworfen, so daß sie schließlich trotz des höheren Anschaffungspreises auf die Dauer billiger ist, als Teerbedachung. Die Bedachung der Dächer geschieht durch Asphaltpappen. Diese werden dadurch hergestellt, daß man Wollfilzpappe, die auf großen Rollen aufgerollt ist, durch ein Bad von geschmolzenem Asphalt zieht und sie dadurch tränkt. Darnach passiert die getränkte Pappe noch ein weiteres Bad von einer härteren Asphaltmasse, die einen Überzug auf der erstgetränkten Pappe bildet. Diese härtere Masse verhindert das Ablaufen und Abtropfen der weicheren Tränkmasse im Innern der Pappe unter dem Einfluß der Sonnenhitze. Die so hergestellte Pappe hat ein lederartig genarbtes Äußere und in die aufgetragene härtere Schicht wird zuweilen noch Sand oder Kies eingewalzt, in der Regel jedoch nur etwas Talk- oder Speckseinpulver aufgestreut, um das Zusammenkleben der noch warmen Pappe beim Aufrollen zu verhindern.

Harte Asphalte, vor allem Asphaltite oder Glanzpeche verwendet man meist als Grundlage für schwarze Lacke, indem man sie in geeigneten Lösungsmitteln auflöst.

Asphalte werden ferner zum Vergießen von Pflaster verwendet, um das Ein-

dringen von Regen zwischen die Pflasterfugen zu verhindern, ferner zum Vergießen von Muffen an Rohrleitungen. Baulichkeiten, in die Wasser eindringen könnte, wie Untergrundbahnen, Grundmauern u. dgl. werden oft mit Asphalt, sei es durch Anstrich oder Einlage von mit Asphalt getränkten Stoffen undurchdringlich für Feuchtigkeit gemacht. Die Elektrotechnik gebraucht Asphalt zur Herstellung von Kabeln und Leitungen als Isolationsmaterial. Kleinere Mengen werden in der Reproduktionstechnik verwendet. Natürliche, besonders syrische Asphalte haben nämlich die Eigenschaft, durch Belichtung unlöslich in Lösungsmitteln zu werden. Man überzieht, um sich dieser Eigenschaft zu bedienen, eine Zinkplatte mit einer Asphaltlösung, exponiert die Platte nach dem Trocknen unter einem Negativ und wäscht dann mit dem Lösungsmittel ab. Die von dem Licht getroffenen Stellen bleiben, da der Asphalt unlöslich, bzw. schwer löslich geworden ist, mit Asphalt bedeckt und unterliegen beim nachfolgenden Behandeln mit Säure keiner Ätzung. Es entstehen so auf der Platte Erhöhungen und Vertiefungen, die zusammen ein dem Negativ entsprechendes Bild liefern, von dem dann gedruckt werden kann.

Für manche der erwähnten Verwendungszwecke könnten in bestimmten Fällen auch billigere Materialien, wie Rückstände von der Destillation von Teeren, z. B. Steinkohlenpech, Braunkohlenpech, Holzpech verwendet werden. Leider werden sie aber auch oft aus Unkenntnis für solche Zwecke gebraucht, die qualitativ hochstehenden Materials bedürfen und namentlich der kleine Fabrikant kann sich schlecht dagegen schützen, da zur Unterscheidung der verschiedenen Produkte Fachkenntnis gehört. Man hat daher schon zeitig angefangen, nach Methoden zu suchen, die es gestatten, die minderwertigen Bitumina von den hochwertigen zu unterscheiden und ihre Gemische analytisch zu trennen. Wichtig ist ferner die Prüfung der Asphaltmaterialien, die große Mengen anorganische Bestandteile enthalten, wie z. B. Asphaltgestein, da in ihnen der Asphalt der wertvollste Bestandteil ist.

Prüfung der asphaltischen Materialien: Die Prüfung auf Bitumengehalt kann in angenäherter Weise dadurch geschehen, daß man das Material verascht. Das ursprüngliche Gewicht weniger zurückbleibende Asche entspricht etwa dem Bitumengehalt vorausgesetzt, daß kein Wasser und keine organischen Verunreinigungen vorhanden waren, die natürlich dann auch als Asphalt erscheinen würden. Ferner ist, namentlich bei Asphaltgesteinen, darauf Rücksicht zu nehmen, daß beim Veraschen keine Kohlensäure entweicht, die sonst als Asphalt mit in Rechnung gezogen würde. Man kann den letzteren Fehler dadurch korrigieren, daß man die Asche mit Ammoniumkarbonatlösung anfeuchtet und nochmals gelinde glüht. Genau erhält man den Bitumengehalt durch Extraktion des zu prüfenden Materials mit einem Lösungsmittel. Für gewöhnlich genügen hierfür Benzol oder Chloroform, nur bei einigen sehr harten Asphalten und Asphaltiten ist es nötig, Schwefelkohlenstoff zu verwenden. Man dampft nach beendeter Extraktion das Lösungsmittel ab und wägt den Rückstand. Dieser Rückstand und Extraktionsrückstand müssen zusammen 100% ergeben, etwaige Differenzen sind leicht flüchtige Bestandteile oder Wasser. Besonders ist darauf zu achten, daß das Lösungsmittel vollständig verjagt wird, zu diesem Zwecke ist es nötig, den Rückstand nach dem Verdampfen auf eine über dem Siedepunkt des Lösungsmittels liegende Temperatur zu erhitzen, da der Asphalt die Lösungsmittel hartnäckig zurückhält. Bei Asphalten, die viel Asche enthalten, ist es auch nötig, zur Kontrolle etwas von dem extrahierten Asphalt zu veraschen und diesen Aschegehalt in Rücksicht zu ziehen, da oft feinverteilte Mineralbestandteile beim Extrahieren mit durch das Filter gehen, wie dies z. B. in der Regel beim Trinidad-Asphalt der Fall ist.

Prüfung des Schmelzpunktes: Die Prüfung des Schmp. der Asphalte erfolgt in der Regel nach der Methode von Krämer u. Sarnow. Zu diesem Zwecke werden in ein Wasserbad (bei höher schmelzenden Asphalten ein Glyzerinbad) Glasröhren von 6 mm lichter Weite eingehängt, die am Ende mit einem 6 mm hohen aus dem zu prüfenden Asphalt hergestellten Pfropfen verschlossen sind. Dann werden 5 g Quecksilber in das Röhrchen gegossen und das ganze wird dann in dem Heizbad neben einem Thermometer erwärmt und die Temperatur so lange gesteigert, bis durch das Quecksilber die Asphaltschicht durchbricht. Diesen Punkt bezeichnet man als Schmp. Die Methode ist natürlich nur eine Konventionsmethode und es dürfte beim Asphalt überhaupt ausgeschlossen sein, einen absoluten Schmp., wie ihn z. B. kristallinische Körper zeigen und der sich beim Erstarren durch längeres Standhalten der Temperatur verrät, zu ermitteln. Wichtiger als die Bestimmung des Schmp. ist bei Asphalten die Bestimmung der Penetration, da es durch geeignete Methoden möglich ist, dem Asphalt scheinbar einen sehr hohen Schmp. zu verleihen,

während er dabei verhältnismäßig weich bleibt.

Die Bestimmung der eigentlichen Härte oder Penetrationsfähigkeit geschieht durch Penetrometer. Das Penetrometer ist im Prinzip ähnlich der in der Zementindustrie gebräuchlichen Vicatschen Nadel. Die Bestimmung der Penetrierfähigkeit ist gleichfalls eine Konventionsmethode. Es gibt hierfür viele verschiedene Apparate, wie das Penetrometer von Bowen, von Dow und Smith und von Richardson. Die Penetrometer bestehen aus einer gezahnten Stange mit Gradbogen, die am Ende eine Nadel von bestimmter Dicke (Nähnadel Nr. 2) trägt und die einschließlich dem Gewicht der Stange mit 100 g belastet ist. Man setzt die Nadelspitze auf den zu prüfenden Asphalt bei einer Temperatur von 0°, 25° oder 50° auf, läßt die Nadel 5 sec lang in die Masse eindringen und bestimmt an dem Gradbogen, wie weit die Nadel einsank. Jedes $^1/_{10}$ mm tiefe Eindringen bedeutet 1° Penetration.

Die *Bestimmung der Duktilität oder Dehnbarkeit* geschieht, indem ein Asphaltkörper von 1 qcm Querschnitt bei einer gewissen Temperatur, entweder 0° oder 25°, auseinandergezogen wird, bis der so entstandene Faden reißt. Asphalte und Öle mit reiner Asphaltbasis haben viel größere Duktilität als solche von Ölen, die auch Paraffin enthalten. Je dehnbarer ein Asphalt unter sonst gleichen Umständen ist, als um so wertvoller wird er im allgemeinen angesehen.

Bei der *Frage der Herkunft der Asphalte* handelt es sich oft darum, ob z. B. Natur- oder Kunstasphalte vorliegen, ob Asphalte mit Steinkohlenpech vermischt sind usw. Wegen dieser Fragen sei auf die nachstehende Literatur, wie die Arbeiten von Marcusson, Holde, Richardson, Graefe verwiesen. Die meisten oben angeführten Untersuchungsmethoden gelten nicht nur für Asphalte, sondern auch für die mit Asphalt hergestellten Produkte; z. B.: die Frage des Bitumengehaltes in Asphaltpappen, Isolationen u. dgl., kann gleichfalls durch Extraktion beantwortet werden.

Die *Produktion* in den verschiedenen Ländern kann infolge der Kriegsverhältnisse nur angenähert wiedergegeben werden. Sie dürfte betragen:

Bei den Vereinigten Staaten rd. 500000 t (fast ausschließlich Ölasphalt); Trinidad rd. 250000 t (Naturasphalt); Deutschland etwa 90000 t (Asphaltgestein); Italien 130000 t (Asphaltgestein); Österreich-Ungarn 12000 t (Asphaltgestein); Venezuela 70000 t (Naturasphalt).

Deutschland bedarf einer großen Einfuhr von Asphalt, sowie von Asphaltgesteinen, da die deutschen Lager verhältnismäßig nur wenig Bitumen enthalten, etwa 4 bis 6% und das Gestein für Stampfasphalt auf etwa 10—12%, für Gußasphalt auf etwa 15—18% angereichert werden muß. Die gesamte Einfuhr betrug vor dem Kriege etwa 150000 t.

Preise: Die Preise der verschiedenen Produkte vor dem Kriege waren etwa für

Trinidad-Asphalt	9—10 M.	für	100 kg
Bermudez-Asphalt	12 „	„	100 kg
Ölasphalt, je nach Qualität	5— 9 „	„	100 kg
Asphaltgestein	2— 3 „	„	100 kg

Literatur.

E. Dietrich, Die Asphaltstraße, Berlin 1882. Jul. Bohne-Léon Malo, L'Asphalte, Paris 1888. Meyn, Der Asphalt u. seine Bedeutung f. den Straßenbau, Halle 1872. Malo, Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte, Paris 1866. Charbier, The Applications of Asphalt, London 1878. Ellice Clark, Asphalt and its Application to Streetpaving, London 1879. E. O. Schubarth, Über Asphaltstraßen, Berlin 1881. Ders., Asphalt und Asphaltstraßen, München 1888. W. H. Delano, Twenty Years Practical Experience of Natural Asphalt and Mineral Bitumen. H. Köhler-Graefe, Die Chemie u. Technologie der natürl. u. künstl. Asphalte. E. Graefe, Die Verwendung des Trinidad-Asphaltes zum Straßenbau, Dresden, Ch. Ind. **26**, 233 (1913). Ders., Der Asphaltsee auf der Insel Trinidad und Verwertung des Trinidad-Asphaltes, Z. angew. Ch. **36**, 269, (1913). Peckham, Solid Bitumen, New York, M. C. C. Clark.

Ed. Graefe.

Asphalt s. a. Braunkohlenteer.
Asphalt in Erdöl s. Fette I, 1.
Asphaltbeton s. Steine V, N.
Asphaltemaille s. Steine V, M.
Asphaltemulsion s. Steine V, K.
Asphaltkitt s. Steine V, N.
Asphaltlacke s. Firnisse 3; Steine V, N.
Asphaltmörtel s. Steine V, N.
Asphaltpflastersteine s. Steine III, 14.
Aspirin s. Salizylsäure.
Astirol s. Desinfektionsmittel 65.
Astralit s. Sprengstoffe V, 7; s. a. Ammoniumnitrat.
Äthandiol s. Glykol.
Äthanhexachlorid s. Hexachloräthan.
Äthanol s. Alkohol.
Äthanpentachlorid s. Pentachloräthan.

Äther, Diäthyloxyd, Äthyläther, Schwefeläther, Vitrioläther, Äthanoxyäthan, lat.: aether, aether sulfuricum; frz.: éther,

Ether ordinaire, sulfurique, Ether oxyde èthylique; engl.: Ether oder Diethyl Ether. *Chemische Zusammensetzung*: $(C_2H_5)_2O$. Mol.-Gew. 74,1, C: 64,87%, H: 13,51%, O: 21,62%.

Leichtbewegliche farblose, sehr flüchtige und stark ätherisch riechende Flüssigkeit vom spez. Gew. $D_{15} = 0{,}720$, die bei 35° C siedet. Schmp. — 112,6° C. Dielektrizitätskonstante $D_{17} = 4{,}37$; für Ätherdampf bei 18°: 1,00516. Brechungskomponente bei 15° C: u = 1,3554. Molekularrefraktion: $P\frac{n-1}{d} = 35{,}8$. Oberflächenspannung bei 20° C (gegen Luft): 18,4 Dyne auf 1 cm. Bildungswärme (gasförmig): + 62,8 kcal (flüssig): + 70,5 kcal; (gelöst): + 76,4 kcal. Dampftension bei 120° C: 10 Atmosphären. Verbrennungswärme (flüssig) = 651,7 kcal; für 1 kg: 9000 kcal. Beim Verdunsten erzeugt Äther große Kälte. Totale Verdampfungswärme von — 4° bis 121°; $\lambda = a + b.t + c.t^2$ ($a = 94{,}5$, $b = 0{,}42083$, $c = -0{,}0002083$) Mit Alkohol, Essigester, Azeton, Petroläther in jedem Verhältnisse mischbar, ebenfalls mischbar mit konz. Salzsäure. Wasser löst 9% Äther, Äther etwa 2% Wasser. Äther ist ein ausgezeichnetes Lösungs- und Extraktionsmittel für eine große Anzahl von organischen Verbindungen. Er löst Kohlenwasserstoffe, Fette, Öle, Harze, Jod, Chromsäure, die Chloride, Bromide und Jodide von Quecksilber, Kupfer, Eisen und Gold. Mit den Chloriden von Phosphor, Antimon, Aluminium, Titan und Zinn bildet er kristallisierte Verbindungen, in denen er als Kristalläther auftritt.

Dampfspannung von Äther in mm Quecksilber bei verschiedenen Temperaturen:

Temp.	Dampfspannung	Temp.	Dampfspannung
—20°	63	110°	6 070
—10°	111,8	120°	7 496
0°	184,9	130°	9 157
10°	291,8	140°	11 078
20°	442,4	150°	13 281
30°	647,9	160°	15 788
40°	921,3	170°	18 622
50°	1276,1	180°	21 804
60°	1728	190°	25 355
70°	2294		
80°	2991		
90°	3840		
100°	4859		

Äther ist sehr leicht entzündbar und verbrennt mit leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Wegen Weiterfließens seiner spezifisch schweren Dämpfe und wegen seines sehr niedrigen Entflammungspunktes sind seine Dämpfe sehr feuergefährlich. Mit Luft oder Sauerstoff gemischt, explodiert Ätherdampf beim Entzünden sehr heftig. Gemische von 2,9—7,5 Vol.-Proz. Ätherdampf mit 97,1—92,5 Vol.Proz. Luft sind explosiv. Mit Chlorgas zusammengebracht findet unter Bildung von Chlorwasserstoff Explosion statt. Läßt man dagegen das Chlorgas in der Kälte und im Dunkeln auf Äther einwirken, so findet unter Substitution von Wasserstoff durch Chlor Bildung von Monochloräther, 1,2-Dichloräther, Trichloräther und Perchloräther statt. Erhitzt man Äther mit verdünnter Schwefelsäure auf 180°, so entsteht unter Aufnahme von Wasser Rückbildung von Äthylalkohol.

Beim Einatmen verursachen die Ätherdämpfe Bewußtlosigkeit und Gefühllosigkeit. Deshalb wird Äther seit langem zur Hervorrufung der Narkose bei chirurgischen Operationen angewandt. Er dient als Anästhetikum als guter Ersatz von Chloroform, da nach dem Erwachen aus der Narkose die unangenehmen Nachwirkungen nur gering sind. Geringe Mengen Äther wirken äußerlich und innerlich angewendet, belebend.

Im Handel sind 3 Sorten Äther käuflich: Mit dem spez. Gew. 0,728, 0,722 und 0,720 bei 15° C. Äther vom spez. Gew. $D_{15} = 0{,}718$ —0,720 ist als sehr rein anzusprechen. Durch einen Gehalt an Alkohol und Wasser wird das spez. Gew. des Äthers erhöht. Auf Wasser prüft man durch Einwerfen von einem Stückchen blankem Natriummetall. Bei Gegenwart von Wasser überzieht sich dieses allmählich mit einer gelblichweißen Kruste. In wasserfreiem Äther darf sich ein Stückchen entwässerter Kupfervitriol nicht grün oder blau färben. Auf Alkohol prüft man durch Ausschütteln des Äthers mit Wasser und Versetzen des wäßrigen Auszuges mit Natriumhydroxyd und Jod (Jodoformreaktion) und Erwärmen. Oder durch Schütteln mit etwas Anilinviolett: Alkoholfreier Äther darf sich nicht färben. Ein Gehalt von Wasserstoffsuperoxyd und Ozon wird festgestellt durch Ausschütteln von 10 ccm Äther mit 1 ccm Kaliumjodidlösung im Stöpselglase. Nach einstündigem Stehen im Dunkeln darf keine Färbung infolge Jodausscheidung eingetreten sein. Auf Säure prüft man durch Ausschütteln von 20 ccm Äther mit 5 ccm Wasser. Letzteres darf nicht sauer reagieren. Außer obigen Verunreinigungen kommen im käufl. Äther noch Fuselöle, fremde Riechstoffe und Vinyl-

alkohol CH_2:CH(OH) vor. Letzterer entsteht durch Einwirkung des Luftsauerstoffes auf Äther, man bewahrt diesen zweckmäßig in dunkeln Räumen oder dunkeln Gefäßen auf.

Verwendung: Äther dient zur Fabrikation von Schießpulver und Kollodium, von Ätherlacken mit Harzen oder Zelluloid für Glas und Metall, zur Herstellung von Hoffmannstropfen (1 T. Äther, 3 T. Alkohol, Spiritus aethereus), zur Erzeugung von Kälte, in der Farbstoffindustrie, als Extraktionsmittel, zum Lösen und Umkristallisieren von vielen organischen Verbindungen, zum Ausschütteln von wäßrigen Lösungen, als Lösungsmittel für Harze (Violette und Wiederholt, Dingl. Journ. 182, 64), Fette, ätherische Öle, Farbstoffe, Kautschuk, Jod, zur Herstellung von Ätherseife und Ätherseifenlösung (Pharm. Ztg. 1899, 714), zum Konservieren von Fleisch in verlöteten Büchsen (Martin, Dingl. Journ. 188, 344). Mit Alkohol gemischt dient Äther in der Fabrikation von rauchlosem Pulver zum Gelatinieren von Nitrozellulose und zur Fabrikation von Kunstseide nach dem Verfahren von Chardonnet. In der Chirurgie dient Äther zum Hervorrufen der Narkose.

Preise:

Jahr	für 100 kg Mark	Jahr	für 100 kg Mark
1900	78	1907	89
1901	72	1908	76
1902	68	1909	82
1903	74	1910	92
1904	86	1911	108
1905	75	1912	119
1906	76	1913	114

Schwefeläther, rein aus versteuertem Spiritus hergestellt für den freien Verkehr:

	100 kg M.
(0,720) D. A. V.	396,00
(0,722)	181,90
(0,725) D. A. II	380,00
(0,733)	378,00
chem. rein, über Natrium dest.	435,00
Aus unversteuertem Spiritus hergestellt, nur gegen Erlaubnisschein im Inlande lieferbar:	
(0,720) D. A. V.	156,00
0,722	141,00
0,725 D. A. II	140,00
0,733	138,00
chem. rein, über Natrium dest.	210,00
für Narkose D. A. V.	650,00

Bezugsquellen: C. F. Boehringer Söhne, Mannheim-Waldhof; Chem. Fabrik Cotta; E. Heuer, Dresden-A.; Chem. Fabrik Ellerholz G. m. b. H., Hamburg, Ferdinandstr.; Chem. Fabrik vorm. Weilerter-Meer, Uerdingen (Niederrhein); Byk-Guldenwerk, Chem. Fabrik A.-G. Berlin NW. 7.; Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler, G. m. b. H., Fürstenwalde (Spree); Chemische Werke Schuster u. Wilhelmy A.-G. Reichenbach (O.-L.); R. Eisenmann, Berlin O., Mühlenstraße; Gehe u. Co A.-G. Dresden N.; E. Merck, Darmstadt; Rheinische Gummi- und Zelluloidfabrik, Mannheim.

Anlagen zur Herstellung von Äther bauen: J. L. C. Eckelt, Berlin; F. H. Meyer, Hannover-Hainholz; Friedrich Heckmann, Berlin SO. 16; Ätherrückgewinnungsanlagen baut: Franz Herrmann G. m. b. H., Köln-Bayenthal 78.

Literatur:

Richter, Chemie der Kohlenstoffverbindungen Bd. I, Bonn 1909.

Ed. Schenk.

Äthylalkohol s. Alkohol.
Äthyläther s. Äther.
Äthylazetat s. Essigester.

Äthylenchlorid, Elaylchlorid, Öl der holländischen Chemiker. Dichlor—1,2-äthan; lat.: aethylenum chloratum; franz.: chlorure d'éthylène; engl.: ethylene chloride.

Chem. Zus. $C_2H_4Cl_2$. Mol.-Gew. 98,8. C: 24,24%, H: 4,04%, Cl: 71,72%. Farblose chloroformähnlich riechende Flüssigkeit von brennend süßlichem Geschmack. Spez. Gew. D_4 = 1,2808. Siedep. bei 760 mm 84° C. Gefrierp. —36° C. Dielektrizitätskonstante D = 10,8, Brechungsexponent bei 20°: 1,44189, Molekularrefraktion $P.\frac{n-1}{d}$ = 34,8. Bildungswärme + 34,4 kcal. Unlöslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol, Äther, ätherischen Ölen und Fetten. Mit grün gesäumter Flamme brennbar; gegen Licht empfindlich und muß daher vor Licht geschützt aufbewahrt werden. Durch Zusatz von 1—2% Alkohol wird seine Haltbarkeit erhöht. Bei der Einwirkung von met. Natrium entsteht Äthylen, Elayl, ölbildendes Gas, C_2H_4.

Verwendung: Dient zur Herstellung von Äthylenglykol (Glykol), $C_2H_4(OH)_2$ durch Erhitzen eines Gemisches von Äthylenchlorid mit Pottasche- oder Sodalösung oder durch Erhitzen mit trockenem Natriumazetat und Verseifen des gebildeten Glykolazetates mit Ätznatron (Ber. 29, Ref. 287; C. 1899 I, 968), ferner zur Herstellung von Äthylendiamin, von Zimtsäureglykolester (Baeyer, DRP. 235357),

von Monosalizylsäureglykolester (Boehringer, DRP. 218 466), von Äthylendimalonsäureester $(C_2H_5CO_2)_4.(CH_2)_2.(CH)_2$, durch Einwirkung von Äthylenchlorid auf Natriummalonsäureester (Ber. 19, 2038; C. 1897, II, 541). Äthylenchlorid dient ferner als Chloroformersatz (innerlich), zur Bekämpfung rheumatischer Schmerzen und Neuralgien (äußerlich). Als Inhalationsanästhetikum wird es nur noch selten angewandt.

Preise:

Äthylenchlorid (technisch)	1 kg	M. 6,00
Äthylenchlorid (Elaylchlorid	1 kg	M. 10,00
Äthylenchlorid, chem. rein.	1 kg	M. 17,00

Bezugsquellen:

Badische Anilin- u. Sodafabrik, Ludwigshafen a. Rh.
E. de Haen, chemische Fabrik „List", G. m. b. H., Seelze bei Hannover.
Th. Goldschmidt, A.-G., chem. Fabrik u. Zinnhütte, Essen.
E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Richter, Chemie der Kohlenstoffverbindungen Bd. I, Bonn 1909.

Ed. Schenk.

Äthylenglykol s. Glykol.
Äthylentetrachlorid s. Perchloräthan.
Atlaserz s. Steine I, 15.
Atlasholz s. Holz VII, 38.
Atlas powder s. Sprengstoffe V, 6.
Atmosphäre s. Luft.
Atoxyl s. Desinfektionsmittel 129.
Attalo s. Farbstoffe I, 68.
Ätzbaryt s. Bariumhydroxyd.
Ätzkalk s. Kalziumoxyd.
Ätznatron s. Natriumhydroxyd.
Aufglasierfarben s. Farbstoffe II, A, 4.
Augit s. Steine II B, 18.
Augitit s. Steine II, x, 14.
Auramin s. Desinfektionsmittel 126.
Aureolin s. Farbstoffe I, 40.
Auripigment s. Arsentrisulfid.
Aurotyp s. Photogr. Mat. F, 1.
Austenit s. Eisen B II a, γ.
Autan s. Bariumsuperoxyd u. Desinfektionsmittel 12.
Autoform s. Desinfektionsmittel 85.
Automors s. Desinfektionsmittel 99.
Avametall s. Legierungen VI.
Avantfluat s. Steine V, K.
Avantol s. Desinfektionsmittel 98.
Aventurin s. Kupferoxyde 2.
Avirol s. Fette II, F.
Avivieröl s. ebenda.
Awa s. Steine V, K.
Axminsterteppiche s. Textilien (1154 a).
Aylanthus s. Textilien A III b, 2.
Azenaphten s. Steinkohlenteer 17.
Azetaldehyd s. Aldehyde 2.
Azetale s. Aldehyde.
Azetanilid s. Anilin.
Azetate s. die betr. Basen, z. B. Ammoniumazetat.
Azetollack s. Plast. Massen 2.
Azetylsalizylsäure s. Salizylsäure.

Azeton, Dimethlyketon, Propanon, Essiggeist, Brenzessiggeist, frz.: acétone éthylique, cétone éthylique; engl.: acetone oder dimethyl ketone.

Chemische Zusammensetzung: $(CH_3)_2CO$. Mol.-Gew. 58,1. C: 62,07%, H: 10,34%, O: 27,59%. Farblose, eigentümlich und erfrischend riechende Flüssigkeit vom Siedepunkt 56,5° C. Spez. Gew. $D_4 = 0{,}792$. Schmp. —94° C. Isomer mit Propylaldehyd, Propylenoxyd, Trimethylenoxyd und Allylalkohol. Bildungswärme (gasförmig): +58,8 kcal, (flüssig): +66,3 kcal, (gelöst) +68,8kcal. Verbrennungswärme: 423,6: kcal. Oberflächenspannung (gegen Luft) bei 14° C: 25,6 Dyne/cm. Brechungsexponent bei 20° C: 1,35715. Molekularrefraktion $P\frac{n-1}{d} = 26{,}2$. Totale Verdampfungswärme zwischen —3° und +147° C: $\lambda = a + b.t + c.t^2$ ($a = 139{,}9$, $b = 0{,}23356$, $c = 0.000\,5536$).

Dampfspannung von Azeton in mm Quecksilber:

Temperatur	Dampfspannung	Temperatur	Dampfspannung
20	179,6	100	2797,3
30	281,0	110	3593,9
40	420,2	120	4546,9
50	620,9	130	5669,7
60	865,5	140	6974,4
70	1189,4		
80	1611,1		
90	2141,7		

Volumgewichte der Lösungen von Azeton in Wasser (Schwers).

Proz.	Vol.-Gew. $D_{0/4}$	Proz.	Vol.-Gew. $D_{0/4}$
10	0,9903	60	0,9176
20	0,9809	70	0,8958
30	0,9703	80	0,8710
40	0,9559	90	0,8447
50	0,9382	100	0,8125

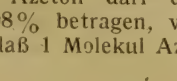
Mit Alkohol und Äther in allen Verhältnissen mischbar. Aus der wäßrigen Lösung kann Azeton durch Zusatz von Kalziumchlorid oder Pottasche wieder ausgefällt werden. Azeton ist ein sehr gutes Lösungsmittel für viele Kohlenstoffverbindungen und organischen Salze.

Verbrennt mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Bei der Reduktion entsteht Isopropylalkohol. Wird durch Kaliumpermanganat in sodaalkalischer Lösung rasch oxydiert. Mit Chromsäure, bzw. Kaliumbichromat und Schwefelsäure entstehen Essigsäure und Kohlensäure. Metallisches Natrium bildet Azetonnatrium: $CH_3.CONa : CH_2$. Mit Hydroxylamin bildet Azeton das feste Azetoxim, mit Phenylhydrazin das flüssige Azetonphenylhydrazon. Gegen wäßrige Alkalien und verdünnte Säuren beständig. Bei der Einwirkung von gasförmiger Salzsäure bilden sich aus Azeton Mesityloxyd ($C_6H_{10}O$) und Phoron ($C_9H_{14}O$). Bei der Destillation von A. mit konzentrierter Schwefelsäure bildet sich Mesitylentrimethylbenzol (C_9H_{12}).

Nachweis des Azetons: Durch die Jodoformreaktion (Bildung von Jodoform durch Einwirkung von Kalilauge und Jod), oder Überführung in Indigo mit o-Nitrobenzaldehyd und etwas Natriumhydroxyd oder aber durch Oxydation mit Caroscher Säure oder mit Wasserstoffsuperoxyd und konz. Schwefelsäure zu Azetonsuperoxyd.

Prüfung des Azetons: Azeton soll wasserhell und klar sein und darf beim Mischen mit destilliertem Wasser weder sofort noch nach längerer Zeit eine Trübung oder einen Niederschlag geben. Es muß völlig neutral sein. Eine Lösung von Quecksilberchlorid darf in Azeton keine Trübung verursachen. Reines Azeton muß bei 15° C mit dem Thermoalkoholmeter gemessen, mindestens 98,5% Gehalt anzeigen. Der Gehalt an Aldehyd darf 0,1% nicht übersteigen. Die Prüfung der Aldehydgrenze erfolgt durch Reduktion einer Silbernitratlösung, die erhalten wird durch Auflösen von 3 g krist. Silbernitrat, 3 g Natriumhydroxyd und 20 g Ammoniaklösung (spez. Gew. 0,9) in Wasser und Auffüllen der Lösung auf 100 ccm. Zur Prüfung versetzt man 10 ccm Azeton mit 10 ccm dest. Wasser und 2 ccm obiger Silberlösung und läßt bedeckt ¼ Stunde im Dunkeln stehen. Hierauf gießt man die Flüssigkeit vom reduzierten Silber ab und prüft die Lösung mit möglichst hellem Ammoniumsulfid. Beträgt der Aldehydgehalt mehr als 0,1%, so ist noch Silber vorhanden und es entsteht mit Ammoniumsulfid ein braunschwarzer Niederschlag oder eine braune Trübung. Bei der Destillation müssen bis zu einer Temperatur von 58° C wenigstens 95% übergegangen sein. Bei der jodometrischen Bestimmung des Gehalts an reinem Azeton darf dieser nicht weniger als 98% betragen, wobei angenommen wird, daß 1 Molekul Azeton durch 6 Atome Jod in 1 Molekul Jodoform übergeführt wird.

Verwendung: Die Hauptmenge des Azetons dient in der Fabrikation des rauchlosen Pulvers zum Gelatinieren der Nitrozellulose. Erhebliche Mengen werden in England zur Fabrikation des Cordits verwendet, wobei Schießbaumwolle in Azeton gelöst und diese Lösung dann mit Nitroglyzerin gemischt wird. In der Fabrikation von Zelluloid dient es als Quellungs- und Lösungsmittel. Die Azetonnitrozellulose-lösung kann auch als Klebemittel Verwendung finden. Azeton ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel auch für Fette, Harze und Gerbsäuren und wird daher in der Farben- und Lackindustrie vielfach verwendet. Zur Herstellung von Azetonlack werden 100 kg fein gepulverter Kopal bei 120° C getrocknet und in 280 kg Azeton gelöst (besonders für Landkartendrucke). Auch Lösungen von Kollodiumwolle und Zelluloid werden als Azetonlacke bezeichnet. Infolge seiner Eigenschaft, bei etwa 12—15 atm das 250—300fache seines eigenen Volumens an Azetylengas aufzunehmen, dient es als „Autogas" (in Stahlflaschen) zum Beleuchten von Automobilen. — Aus Azeton stellt man ferner mit Glyzerin, Arabit, Mannit, Additionsprodukte her, die als Kampferersatzmittel dienen (D.R.P. 214 962). Mit Kasein oder Kopalharz erhält man plastische Massen; zusammen mit Methylalkohol dient es zum Denaturieren von Spiritus. Das aus Azeton und Alkalibisulfit erhaltene Azetonbisulfit wird in der Färberei und Druckerei als Reduktionsmittel und in der Photographie als Konservierungs- und Verzögerungsmittel für photographische Entwickler verwendet. Azeton ist Ausgangsmaterial zur Herstellung von Sulfonal: Azetondiäthylsulfon, $(CH_3)_2C.(SO_2.C_2H_5)_2$ (Behandlung eines Gemenges von Azeton und Merkaptan mit Salzsäure und Oxydation des entstandenen Merkaptols), von Chloroform, $CHCl_3$, (mit Wasser verdünntes Rohazeton wird allmählich mit Chlorkalklösung versetzt und langsam erwärmt), von Jodoform, CHJ_3 (Elektrolyse einer Mischung von Azeton und Kaliumjodidlösung), von Jonon, $C_{13}H_{20}$ (Kondensation von Citral mit Azeton in gleichen Gewichtsmengen mittels Schütteln mit einer Lösung von Bariumhydroxyd und Überführung des Pseudojonons mit Salzsäure in das isomere Jonon. D.R.P. 73 089 und 75 120. Siehe auch D.R.P. 113 672 und D.R.P. 147 839), von Isopren, β-Methylbutadien,



das zur Herstellung von synthetischem Kautschuk dient, durch Kondensation von Azeton mit Äthylen (z. B. durch Überleiten des Gemisches über einen geeigneten Katalysator bei erhöhter Temperatur), von Indigo, $C_{16}H_{10}N_2O_2$ (Einwirkung von verdünntem Alkali auf eine Lösung von o-Nitrobenzaldehyd in Azeton).

Wirtschaftliches: Deutscher Außenhandel in Azeton, roh und gereinigt, nach Menge und Wert (mit Holzgeist roh und gereinigt):

I. a = Holzgeist roh,
b = Azeton roh.

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	Menge in t	Wert in 1000 M.	Menge in t	Wert in 1000 M.
1907	a 6282,8	—	a + b 1104,4	—
	b 55,9	—		
1908	a 5804,3	2902	902,6	722
	b 87,5	101		
1909	a 6991,5	4195	1302,4	1042
	b 271,5	299		
1910	a 8726,9	5672	493,2	395
	b 4820,0	410		
1911	a 8759,3	5694	763,2	588
	b 766,7	652		
1912	a 9398,0	5639	263,3	200
	b 912,0	775		
1913	a 10700,2	6420	384,3	318
	b 308,1	262		

Im Jahre 1913 wurden aus Österreich-Ungarn 308,1 t rohes Azeton eingeführt.

II. a = Holzgeist gereinigt,
b = Azeton gereinigt.

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	Menge in t	Wert in 1000 M.	Menge in t	Wert in 1000 M.
1907	a + b 97,9	a + b —	a 1105,0	—
			b 800,7	—
1908	119,6	120	a 1373,5	1099
			b 357,0	500
1909	31,1	31	a 2033,1	1727
			b 327,9	426
1910	1,5	2	a 1782,4	1604
			b 414,2	476
1911	5,6	6	a 1739,2	1267
			b 468,0	553
1912	1,6	2	a 4602,3[1])	4014[1])
			b	
1913	47,0	42	a 3526,3	5271[1])
			b 1043,4	

[1]) einschließlich Formaldehyd in wäßriger Lösung.

Preise: Azeton,
techn. % kg M. 110,00
chem. rein, $^{98}/_{100}$ % % kg M. 155,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik Bruchhausen G. m. b. H., Bruchhausen bei Hüsten; Chemische Fabrik Hoherlehme G. m. b. H., Hoherlehme bei Wildau (Kreis Teltow); Chemische Fabrik Ottmann G. m. b. H., Neustadt (Haardt); Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler G. m. b. H., Fürstenwalde (Spree); R. Eisenmann, Berlin O, Mühlenstr. 6/7; E. de Haen, chemische Fabrik „List", G. m. b. H., Seelze bei Hannover; Hartmann und Hauers G. m. b. H., Hannover; Holzverkohlungsindustrie A.-G., Konstanz (Baden); C. A. F. Kahlbaum G. m. b. H., Adlershof bei Berlin; E. Merck, Darmstadt; Verein für chemische Industrie, Frankfurt a. M.

Anlagen zur Herstellung von Azeton bauen J. L. Carl Eckelt, Berlin N 4; F. H. Meyer, Hannover-Hainholz.

Literatur:

Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, Teil I, Hamburg-Berlin 1893 u. 1919.
H. Lemme, Azeton als Lösungsmittel (Glauchau 1897).
M. Klar, Technologie der Holzverkohlung, Berlin 1910.

Ed. Schenk.

Azetonchloroform s. Chloroform.

Azetylen: franz.: acétylène, engl. acetylene. *Chemische Zusammensetzung*: C_2H_2 = HC ≡ CH. Mol. Gew. 26,026.

Bildung: Azetylen wird synthetisch aus seinen Elementen erhalten, wenn man den elektrischen Flammenbogen zwischen zwei Kohlenspitzen in einer Wasserstoffatmosphäre übergehen läßt. Es entsteht bei der trockenen Destillation organischer Substanzen und bei längerer Einwirkung von Rotglühhitze auf solche und findet sich daher auch im Steinkohlengas (0,06 bis 0,07%). Es entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Leuchtgas und anderen kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Substanzen. Wenn man z. B. einen Leuchtgasbunsenbrenner zurückschlagen läßt, enthalten die Verbrennungsgase bis 0,8% Azetylen. Auf diese Weise hat man sogar eine Zeitlang das Azetylen dargestellt. Man erhält es aus Bromäthylen (Vinylbromid), Chloroform, Bromoform, Jodoform, Äthylenchlorid, Äthylenbromid, Tetrachloräthan, durch Elektrolyse der Fumar- und Maleinsäure usw. Von besonderer Bedeutung sind die Metallverbindungen des Azetylens s. u., die durch Versetzen mit Wasser bzw. Säuren Azetylen liefern. Von diesen Metallverbindungen bildet das Kalziumkarbid die Grundlage unserer gesamten heutigen Azetylenindustrie (s. u.). Die Karbide von Kalium, Natrium, Lithium, Kalzium, Barium und Strontium liefern beim Zersetzen mit Wasser reines Azetylen. Auch durch Zersetzen des Azetylenkupfers mit Zyankalium erhält man das Azetylen in sehr reinem Zustande.[1])

Physikalische Eigenschaften: Das chemisch reine Azetylen ist ein farbloses, brennbares Gas von angenehmem aromatischem Geruch. Das spez. Gew. bezogen auf Luft beträgt 0,9056, bezogen auf Wasser von 4° 0,001194, auf Wasser von 17° 0,001115. 1 L Azetylen wiegt bei 0° und 760 mm 1,1650 g, 1 kg entspricht = 858,37 L. Die molekulare Verbrennungswärme des Azetylens beträgt 317,5 kcal bei konstantem Druck. Der Heizwert eines Liters Azetylen beträgt bei 0° und 760 mm 14100 kcal. Azetylen ist eine stark endotherme Verbindung. Die molekulare Bildungswärme des Azetylens aus seinen Elementen beträgt —53,2 kcal bei konstantem Druck und konstantem Volumen.[2]) Aus der Bildungsgleichung C_2 (Diamant) + $H_2 = C_2H_2$ (Gas) berechnet sich die Bildungswärme zu —64,0 kcal. Das Azetylen ist unter gewöhnlichem Druck nicht explosiv und eine an einer Stelle eingeleitete Zersetzung bleibt lokal. Sobald das Gas aber unter einem Druck von über 2 atm steht, setzt sich der Zerfall durch die ganze Masse unter einer Temperaturerhöhung von etwa 3000° fort. Ein Azetylen-Luftgemisch ist sehr explosiv und zwar in weiten Grenzen. Nach Le Chatelier[3]) sind Gemische, die 2,8 bis 65% Azetylen enthalten, explosiv (gegen Leuchtgas 5—28%). Noch weiter liegen die Grenzen bei Azetylen-Sauerstoffgemischen, die bei 2,8—93% Azetylengehalt explodieren. Die Explosionsgrenzen rücken bedeutend zusammen, wenn man die Gemische nicht in weiten Gefäßen, sondern in engen Röhren explodieren läßt. Je enger der Röhrendurchmesser, desto enger liegen die Explosionsgrenzen, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist:[3])

lichter Rohrdurchmesser	Explosionsgrenze untere % Azetylen	obere % Azetylen
40	2,9	64
20	3,5	55
6	4,0	40
4	4,5	25
2	5,0	15
0,8	7,7	16
0,5	0	0

v. Meyer und Münch fanden für ein Azetylensauerstoffgemisch eine Entzündungstemperatur von 511°. Azetylen ist in vielen Flüssigkeiten löslich. Es lösen:

1 T.	ges. Kochsalz	0,23	Vol.	Azetylen	bei	12° 755 mm[4])
1 „	Wasser	1,18	„	„	„	12° 755 „ [5])
1 „	Schwefelkohlenstoff	1,00	„	„	„	18° 760 „ [5])
1 „	Terpentinöl	2,00	„	„	„	18° 760 „ [5])
1 „	Tetrachlorkohlenstoff	2,00	„	„	„	18° 760 „ [5])
1 „	Amylalkohol	3,50	„	„	„	18° 760 „ [5])
1 „	Chloroform	4,0	„	„	„	18° 760 „ [5])
1 „	Benzol	4,0	„	„	„	18° 760 „ [5])
1 „	absol. Alkohol	6,0	„	„	„	18° 760 „ [5])

1 T. Essigsäure	6,0	Vol. Azetylen bei	18° 760 mm[5])
1 „ Azeton	25,0	„ „ „	18° 760 „ [6])
1 „ Azeton	300,0	„ „ „	15° 12 Atm.
1 „ Azeton	2000,0	„ „ „	—80° 760 mm[7])

Hieraus ist vor allem die bedeutende Löslichkeit des Azetylens in Azeton zu ersehen, von der auch für die Praxis Gebrauch gemacht wird (s. u.). Die kritische Temperatur des Azetylens ist 37,5° C, der kritische Druck 68,0 atm. Es läßt sich nach Cailletet verflüssigen bei

—85°	unter	einem	Druck	von	1	atm
—50°	„	„	„	„	5,3	„
—23°	„	„	„	„	11,01	„
—10°	„	„	„	„	17,06	„
+ 1°	„	„	„	„	48,0	„
+10°	„	„	„	„	63,0	„
+18°	„	„	„	„	83,0	„
+25°	„	„	„	„	94,0	„
+31	„	„	„	„	103,0	„

Das flüssige Azetylen ist eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit von großem Brechungsvermögen. Der Siedep. des flüssigen Azetylens bei gewöhnlichem Druck beträgt —82,4°.[8]) Das spez. Gew. der Flüssigkeit bei 0° beträgt 0,451. Beim Verdunsten erstarrt sie zu einer kristallinischen Masse. Schmp. des festen Azetylens —81°, der Sublimationspunkt liegt bei —83,6°. Durch den geringen Unterschied zwischen Siedep. und Sublimationspunkt vergast das feste Azetylen bei gewöhnlicher Temperatur ohne zu schmelzen. Man kann daher festes Azetylen anzünden, es verbrennt wie eine Kerze.[9]) Flüssiges Azetylen explodiert durch Berührung mit einem glühenden Platindraht, durch den elektrischen Funken u. dgl. Beim Abkühlen auf —80° ist es nicht mehr explosibel. Durch starken Stoß und Schlag allein ist es nicht leicht zur Explosion zu bringen. Über angestellte Versuche in dieser Hinsicht siehe [10]).

Chemische Eigenschaften: Das Azetylen ist das Anfangsglied der Reihe C_nH_{2n-2}. Es besteht aus 92,3% Kohlenstoff und 7,7% Wasserstoff. Durch seinen stark endothermen Charakter und als ungesättigter Kohlenwasserstoff mit dreifacher Bindung zwischen den beiden Kohlenstoffatomen gehört es zu den reaktionsfähigsten Körpern der organischen Chemie. Am wichtigsten sind die Additionsreaktionen. So wird Wasserstoff unter Bildung von Äthylen und Äthan addiert. Die Halogene wirken intensiv auf Azetylen, am stärksten Chlor, dann Brom, weniger Jod. Ebenso reagieren die Halogenwasserstoffsäuren, unterchlorige Säure und deren Salze und unterbromige Säure. Wasser wird addiert, wobei sich in erster Reihe Azetaldehyd bildet (unter Zugabe von Schwefelsäure und Quecksilbersalzen wird so Azetaldehyd technisch dargestellt.[11]) Da der Azetaldehyd durch Reduktion leicht in Äthylalkohol übergeführt werden kann, ist ein Zusammenhang von diesem mit Azetylen gegeben und die technische Gewinnung von Alkohol aus Azetylen dürfte wohl nur noch eine Frage der Zeit sein. Durch Oxydation entstehen aus Azetylen direkte Oxydationsprodukte, z. T. gleichzeitig unter Wasseranlagerung. Mit Kaliumpermanganat bilden sich Oxalsäure, Ameisensäure und Kohlensäure; mit Chromsäure unter gleichzeitiger Wasseranlagerung Azetaldeyhd und daraus Essigsäure; mit Wasserstoffsuperoxyd Essigsäure, Azetaldehyd und Alkohol; mit Salpetersäure entstehen saure Produkte, neben Kohlensäure Nitroform und höhere komplizierte Säuren. Die elektrolytische Oxydation liefert in ätzalkalischer Lösung Ameisensäure, in schwefelsaurer Lösung Essigsäure in quantitativer Ausbeute. Sauerstoff und Luft wirken bei gewöhnlicher Temperatur auf Azetylen nicht ein. Wenn man aber das Gemisch des Azetylens mit Luft oder Sauerstoff erwärmt, so findet eine Verbrennung statt entweder als stille Vereinigung oder Explosion. Die Produkte der Reaktion sind je nach den Bedingungen und Mischungsverhältnissen Kohlenstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Wasserstoff, Wasser und höhere Kohlenwasserstoffe. Mit einem gleichen Volumen Sauerstoff gibt Azetylen beim Verbrennen nur Kohlenoxyd und Wasserstoff.[3]) Wenn man Azetylen über gewisse Metalloxyde leitet, oder wenn man Azetylen im Gemische mit Kohlenoxyd oder Kohlensäure durch erhitzte Röhren leitet oder unter Druck zur Entzündung bringt, findet eine teilweise Oxydation unter Abscheidung von Kohlenstoff statt. Mit Stickstoff kann Azetylen unter gewissen Bedingungen unter Bildung von Blausäure reagieren. Mit Ammoniak entstehen Pyrrol und Ammoniumzyanid, mit Blausäure Picolin, mit Stickoxyd Zyansäure. Mit Schwefelwasserstoff findet Kondensation zu verschiedenen organischen Verbindungen (Senföle) statt. Mit Diazomethan entsteht Pyrazol.

Bei Einwirkung höherer Temperaturen auf Azetylen findet Polymerisation und Kondensation statt. Man erhält beim Erhitzen von Azetylen auf etwa 600 bis

800° Benzol, Toluol, Naphthalin, Anthrazen, Fluoren, Pyren, Chrysen, Inden, Reten, auch wasserstoffreichere Olefine usw. neben Kohlenstoff. Oberhalb 1500° zerfällt Azetylen in Äthylen und Äthan. Bei sehr hohen Temperaturen, besonders unter Druck, findet ein völliger Zerfall des Azetylens in seine Elemente statt. Die Anwesenheit von Metallen begünstigt die Polymerisation und den Zerfall. Leitet man Azetylen über Kupfer bei 250°, so erhält man Cupren, einen korkähnlichen Kohlenwasserstoff.

Von großer Bedeutung sind die Metallverbindungen des Azetylens. In ihm sind beide Wasserstoffatome durch Metalle ersetzbar und es leiten sich so Verbindungen vom Typus M_2C_2 neben Doppelverbindungen der verschiedensten Art ab. Die Metallverbindungen lassen sich durch Wasser oder Säuren leicht zersetzen und liefern so Azetylen. Von fundamentaler Bedeutung für die Azetylenindustrie ist das

Kalziumkarbid, das durch Zusammenschmelzen von Kohle und Kalk im elektrischen Ofen erhalten wird. Es wird in elektrochemischen Werken mit Hilfe der Wasserkraft in den Alpen, in Norwegen, in Rheinfelden, auch in Bitterfeld mit Braunkohlen hergestellt. (Ein- und Ausfuhr s. u.) Man kann mit 1 PS = 736 W in 24 St. theoretisch nach den Wärmetönungen 8 kg, praktisch 3—5 kg Karbid herstellen. Es kommt in faustgroßen Stücken bis herab zu kleinen Körnungen von Erbsengröße in den Handel. Das technische Produkt bildet eine hellgrau bis schwarz gefärbte, mehr oder weniger kristallinische harte Masse vom spez. Gew. 1,88—2,36. Geringe Spuren von Eisen erzeugen ein braun gefärbtes Produkt. Über die Verunreinigungen des technischen Karbids, die ja für die Erzeugung des Azetylens von größter Bedeutung sind, siehe unter „technische Darstellung". Chemisch reines Kalziumkarbid erhält man durch Erhitzen von metallischem Kalzium mit reinem aus Zersetzung von Azetylen herrührendem Kohlenstoff auf Dunkelrotglut.[12]) Es bildet weiße durchsichtige Kristalle.[13]) Kalziumkarbid ist ein sehr reaktionsfähiger Körper, der sich mit den Halogenen, mit Sauerstoff, Stickstoff usw. verbindet. Das chemische Verhalten des Kalziumkarbids ist in der weiter unten angeführten Spezialliteratur eingehend beschrieben.[14]) Hier interessiert nur sein Verhalten gegen Wasser. Die Reaktionsfähigkeit des Kalziumkarbids gegen Wasser ist ungemein groß. Es ist äußerst hygroskopisch und wird nicht nur von Wasser, sondern auch von Wasserdämpfen und von allen wasserhaltigen Flüssigkeiten zersetzt. Schwache Säuren, wasserhaltiger Alkohol, wäßrige Alkalien, Salzlösungen usw. wirken je nach Konzentration mehr oder weniger heftig unter Azetylenentwicklung ein. Über die technische Herstellung des Kalziumkarbids und alle es betreffenden Fragen ist Eingehendes in der Spezialliteratur zu finden.[15])

Von den anderen Karbiden sei hier noch das Cuproazetylid (Azetylenkupfer) Cu_2C_2 erwähnt, das durch Azetylen aus einer ammoniakalischen Lösung als braunroter, höchst explosiver Niederschlag abgeschieden wird. Diese Abscheidung ist quantitativ und dient zur Trennung von Kupfer von anderen Schwermetallen und infolge ihrer Empfindlichkeit zum Nachweis auch der kleinsten Spuren von Azetylen in Gasgemischen (s. u.). Durch die Einwirkung von Azetylen auf Kupfersalzlösungen entstehen außerdem noch eine Reihe anderer Verbindungen, darunter das höchst explosive Diazetylenkupfer und andere komplexe Salze. Infolge der Einwirkung auf Kupfer darf dieses bei Azetylengasanlagen nicht verwendet werden. Ganz reines trockenes Azetylen greift Kupfer zwar nicht an, aber schon geringe Spuren von Feuchtigkeit und Ammoniak genügen zur Bildung der explosiven Verbindungen. Auch stark kupferhaltige Legierungen, wie Messing und Rotguß, sind bei Azetylenanlagen zu vermeiden und haben früher viel Explosionen herbeigeführt.

Technische Darstellung des Azetylens: Von einem 100%igen Kalziumkarbid müßte man bei 0° und 760 mm 348,9 L Azetylen erhalten. Man gewinnt aber in der Praxis kein so hochwertiges Produkt, sondern nur ein solches mit 80—85% wirksamen Karbidgehalt. Nach den Normen des deutschen Azetylenvereins soll ein prima Handelskarbid bei 15° C und 760 mm auf 1 kg 290 L Azetylen liefern.

Das technische Kalziumkarbid enthält gewöhlich einen Überschuß an Kalk, der im Durchschnitt 4% beträgt. Es kommen aber auch minderwertige Karbide mit bis zu 25% Kalküberschuß in den Handel. Auch Kohle (0,5—7%) findet sich im Karbid. Diese rührt z. T. von nicht verschmolzenem Ausgangsmaterial her, bildet sich aber auch durch Dissoziation des Karbids und durch Auflösen von Kohlenstoff im geschmolzenen Karbid und nachheriges Auskristallisieren. Dieser hat dann mehr ein graphitartiges Aussehen und man hat ihn sogar in Form von Diamanten gefunden. Die Hauptverunreinigungen

des Karbids stammen aus dem Kalkstein und gehen dann beim Brennen in den Kalk und schließlich in das Karbid über. Es handelt sich besonders um Kieselsäure, Eisenoxyd, Tonerde, Magnesia, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Dazu kommen dann noch Verunreinigungen aus der Kohle und endlich, wenn auch in geringerem Maße aus dem Fabrikationsgang des Karbids, z. B. von der Elektrodenkohle, dem Ofenmaterial und von der Brikettierung (vor allem Chlorkalzium). Im Kalziumkarbid befindet sich:

der Kalk außer dem oben bereits erwähnten freien Kalk als Karbonat, Kalziumsulfid, Phosphid und Chlorkalzium (von der Brikettierung),

Kieselsäure als Kalziumsilizid, das mit Wasser Siliciumwasserstoff neben Wasserstoff bildet. Außerdem tritt eine mit Wasser nicht zersetzbare Siliziumverbindung auf, ferner findet sich die Kieselsäure als Karborundum, Ferrosilizium und Karboferrosilizium.

Schwefel als Kalziumkarbosulfid, Kalziumsulfid und Aluminiumsulfid, von denen die beiden letzteren durch Wasser unter Bildung von Schwefelwasserstoff zersetzt werden.

Phosphor hauptsächlich als Phosphorkalzium P_2Ca_3. Dieses wird durch Wasser unter Bildung von Phosphorwasserstoff zersetzt.

Eisen in Form von Siliziden und als Oxyd. Das Oxyd ist die Ursache der Braunfärbung des Karbids.

Magnesia in sehr geringer Menge.

Aluminium fast ausschließlich als Aluminiumsulfid, nur wenig als Tonerde.

Arsen als zufällige Verunreinigung in manchen Karbidsorten als Arsenid.

Stickstoff in Form von Magnesiumnitrid, das durch Wasser in Magnesia und Ammoniak, oder als Aluminiumnitrid, das in Tonerde und Ammoniak zerfällt. Vor allem findet eine Bindung des Stickstoffs an der Oberfläche des Karbids während des Erkaltens statt, als Amidozyanidkalzium $CaCN_2$, das ebenfalls unter Freiwerden von Ammoniak durch Wasser zersetzt wird.

Der Gehalt des technischen Karbids an diesen Verunreinigungen ist wechselnd und kann durch folgende Zahlen ausgedrückt werden: Kalk 0,4—12%; Kohle 0,6—6,3%; Silizium 0,01—8,6%; Schwefel 0,07—0,63%; Phosphor 0,001—0,012%; Eisen 0,02—3,8%; Stickstoff 0,002 bis 0,40%.

Um das Kalziumkarbid haltbarer zu machen, d. h. bei längerem Lagern dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit zu entziehen und gleichzeitig durch einen Überzug die Zersetzung des Karbids mit Wasser bei der Herstellung des Azetylens zu verlangsamen, wird das Karbid auf verschiedene Weise imprägniert. Dazu verwendet man als Überzug Öle, Fette, Klebstoffe, Harze, Zuckerarten usw. Die „Präparierung" mit Zuckerstoffen soll dazu dienen, die Kalkrückstände der Azetylenentwicklung durch Bildung von löslichen Saccharaten wasserlöslich zu machen.[16])

Über die Probeentnahme und Untersuchung des Karbids.[17])

Die Zersetzung des Kalziumkarbids mit Wasser geht unter starker Wärmeentwicklung vor sich. Die freiwerdende Wärme ist so groß, daß die Reaktion unter Umständen mit Glüherscheinungen verlaufen kann. Unter Berücksichtigung der spez. Wärme des Kalkoxyds bzw. -hydrats und des Azetylens ist theoretisch eine Temperatursteigerung bis 1400° möglich. Bei wenig Wasser und einem Überschuß an Karbid ist diese Möglichkeit vor allem gegeben und es entstehen dann aus dem Azetylen und den Verunreinigungen des Karbids Polymerisations- und Zersetzungsprodukte aller Art, die Schwefel, Phosphor und Stickstoff enthalten. Durch die Erhitzung und Bildung von Verunreinigungen kann unter ungünstigen Umständen eine Explosion eintreten. Deswegen ist behördlich für Azetylenentwicklungsapparate die Menge des Entwicklungs- oder Kühlwassers vorgeschrieben.

Unter den Azetylenentwicklern unterscheidet man drei Hauptsysteme:

1. das Zulaufsystem. Prinzip: Zersetzung größerer Karbidmengen mit wenig Wasser. Vorteile: bequem zu handhaben, leicht zu regulieren, übersichtliche gedrängte Konstruktion. Nachteile: Temperaturerhöhung beim Zustopfen des Wassers, dadurch Bildung von Zersetzungsprodukten aller Art (s. o.). unvollständige Ausnützung des Karbids, da durch den gebildeten Kalk die Karbidstücke oft der Einwirkung des Wassers entzogen werden, Nachentwicklung von Azetylen aus dem einmal feucht gewordenen Karbid, Bildung von Azetylen-Luftgemischen bei Neubeschickung des Apparates. Dieses System wird nur für Kleinbeleuchtung (Fahrrad- und Automobillaternen u. dgl.) verwendet.

2. das Einwurfsystem. Prinzip: große Wassermenge und wenig Karbid. Vorteile: keine Temperaturerhöhung, also gefahrlos und reineres Gas. Ausnutzung des Karbids vollständig, die Luft läßt sich im weitesten Maße ausschließen. Nachteile: Gasverlust durch Absorption von Azetylen in Wasser, Schwierigkeit

der regelmäßigen Zugabe des Karbids infolge der ungleichmäßig geformten Stücke. Dieses System ist für Hausanlagen und den Großbetrieb das einzig geeignete.

3. Das Berührungssystem. Prinzip: Das Karbid wird periodisch mit einer bestimmten Wassermenge in Berührung gebracht. Dieses System zeigt alle Nachteile der beiden ersten: Mangelhafte Ausnützung des Karbids durch Bildung von Kalküberzug, höchstmögliche Erhitzung beim Zusammentreffen mit Wasser, Luftmischungen mit Azetylen bei Neubeschickung. Zu der Nachentwicklung kommt hier noch eine Vorvergasung des Karbids durch die umgebende feuchte Atmosphäre. Über Einzelheiten der Apparate siehe Spezialwerke und Fachzeitschriften.[18])

Das in diesen Apparaten aus technischem Karbid hergestellte Rohazetylen besitzt einen widerlichen Geruch, der von den verschiedenen Verunreinigungen herrührt. Diese Beimengungen sind je nach der Temperatur der Gasentwicklung wechselnd, bei Apparaten nach dem Zulaufsystem also anders — und zwar bedeutender — als bei den Einwurfapparaten. Wie aus dem unter Karbid Gesagtem hervorgeht, sind diese Verunreinigungen in erster Linie Phosphorwasserstoff (0,03—1,8%), Schwefelwasserstoff (0,01—1,5%) und Ammoniak (0,02—2,9%). Neben allerhand anderen phosphor-, stickstoff-, silizium- und auch arsenhaltigen Produkten finden sich noch Wasserstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff und Sauerstoff in diesem Rohazetylen. Nach den Normen des deutschen Azetylenvereins soll der Gehalt an Phosphorwasserstoff höchstens 0,04 Volumenprozent betragen. Neben dem Umstand, daß diese Beimengungen die Metallteile der Apparate und das Rohrnetz angreifen, sowie die Brenner und Glühstrümpfe zerstören, bewirken sie eine Zersetzung des Azetylens im Brenner und führen so durch Rußbildung zu dessen schneller Verstopfung. Der Phosphorwasserstoff (wie auch Siliziumwasserstoff) können zur Selbstentzündung führen und belästigen außerdem beim Verbrennen im Brenner durch Nebel- und Dunstbildung und wirken schädlich auf die Gesundheit. Aus diesen Gründen muß das Rohazetylen vor der Verwendung gereinigt werden.

Reinigung: Zur Reinigung des Azetylens läßt man dieses aus dem Entwickler über poröse Massen mit möglichst großer Oberfläche, die mit verschiedenen Chemikalien getränkt oder vermischt sind, streichen. Man unterscheidet Reinigungsmassen, die oxydierend auf die Verunreinigungen des Azetylens wirken, wie Chlorkalk, Chromsäure, Braunstein, Eisenoxychlorid u. a. und solche, die fällend auf die Beimengungen wirken. Gebräuchliche Reinigungsmassen der ersteren Art sind z. B.:

Acagin, eine trockene, pulverige gelbe Masse, die aus Bleichromat und Chlorkalk besteht. Sie besitzt ein erhebliches Reinigungsvermögen und ist lange haltbar ohne an Wirkungswert einzubüßen;

Puratylen ist ein Gemenge von Chlorkalk und Kalk. Diese Masse hat sich weniger bewährt, da sie auch in frischem Zustand nur mangelhaft reinigt. Außerdem ist ihre Haltbarkeit wegen ihrer bedeutenden Hygroskopizität begrenzt. Auch wirkt sie auf das Azetylen selbst ein. In trockenem Zustande stellt sie ein weißes Pulver dar;

Heratol besteht aus Kieselgurmasse, die mit Chromsäure getränkt ist. Sie entfernt die Verunreinigungen fast vollständig. Die Erschöpfung der Masse erkennt man an dem Übergang der ursprünglich gelben Farbe des trockenen Pulvers in grün.

Eine außerordentlich gut arbeitende Reinigungsmasse, die die Verunreinigungen des Azetylens ausfällt, ist das

Frankolin, ein rotbraunes Pulver, das aus mit salzsaurer Lösung von Kupferchlorür getränkter Kieselgur besteht. Dieses Reinigungsmittel wird auch in Lösung verwendet. Die schwefelhaltigen Verunreinigungen des Azetylens werden als Cuprosulfid abgeschieden, die Phosphorverbindungen als unlösliches Cuprophosphid niedergeschlagen oder in Form von Doppelverbindungen in Lösung gehalten. Auch der Siliziumwasserstoff wird entfernt. Die Erschöpfung des Frankolins ist an dem Übergang der hellbraunen in eine dunkelviolette Färbung erkennbar. Als Nachteile dieser vorzüglich wirkenden Reinigungsmasse sind zu nennen: die unerläßliche Nachreinigung durch Kalk zur Entfernung der mitgerissenen Salzsäuredämpfe und die erforderliche Verwendung von säurefesten Behältern zur Aufnahme des Reinigungsmittels.

Gelöstes Azetylen.[19]) Wie bereits oben erwähnt, ist das Azetylen im komprimierten Zustande nicht ungefährlich und die Verflüssigung und Aufbewahrung in Stahlflaschen kommt daher praktisch nicht in Frage. In bequemer und ungefährlicher Form verwendet man es als gelöstes Azetylen, von dem französischen Erfinder acétylène dissous genannt, deshalb kurz als Dissougas bezeichnet. Nach den früheren Darlegungen löst Azeton beträchtliche Mengen Azetylen auf. Man tränkt eine in Stahlflaschen

eingebrachte poröse Masse, ein Gemenge von Zement, Holzkohle, Asbest und Kieselgur, mit Azeton und preßt nun Azetylen unter Druck ein. Bei 15° kann man mit 15 atm Überdruck in 1 L Volumen 150 L Azetylengas von 1 atm absolut aufspeichern. Eine Lösung von Azetylen in Azeton allein ist bis etwa 10 atm Druck nicht explosibel. Bei höheren Drucken kann aber ein Zerfall eintreten unter gleichzeitiger Zersetzung des Azetons. Solche höheren Drucke können in der Praxis entstehen. Diesem Umstand trägt die poröse Masse Rechnung. Wie schon unter „Physik des Azetylens" ausgeführt, pflanzt sich die Explosionsquelle in sehr engen Röhren von etwa 0,5 mm lichten Durchmesser nicht mehr fort. Die angewendete poröse Masse stellt nun ein ganzes System solcher feinen Röhren dar und beseitigt somit die Fortpflanzung einer Explosion auch bei höheren Drucken, als 10 atm. Die Füllung einer Flasche setzt sich folgendermaßen zusammen.[20])

poröse Masse	25 %
Azeton	40 %
Azetylen	22,5%
Ausdehnung durch Wärme	2,8%
	90,3%

Der restliche freie Raum von 10% wird benötigt, um Veränderungen in der Porosität der Masse, plötzliche Ausdehnung durch starke Erwärmung usw. auszugleichen. Interessante Darlegungen über gelöstes Azetylen finden sich in der Dissertation von W. Silber, Berlin 1914: „Versuche über gelöstes Azetylen unter besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen".

Nachweis und Analytisches: Die geringsten Spuren von Azetylen in Gasgemischen erkennt man durch Einleiten des Gases in eine frisch bereitete farblose Lösung von Cuprosalz, welche durch Reduktion der Cuprisalze durch Hydroxylamin erhalten wird (z. B. 1 g krist. Cuprisulfat, 4 ccm Ammoniak (20—21%), 3 g Hydroxylaminchlorhydrat). Es zeigt sich beim Einleiten eine prächtige rote Färbung[21]) Den Schwefelwasserstoff im Azetylen erkennt man beim Durchleiten des Gases durch eine Bleiazetatlösung. Den Phosphorwasserstoff stellt man beim Durchleiten des vom Schwefelwasserstoff befreiten Gases durch eine salzsaure Sublimatlösung (Trübung) oder durch eine saure Silbernitratlösung (Dunkelfärbung) fest. Der Gehalt an Kohlenoxyd wird durch Absorption in Blutlösung und nachherige Untersuchung des Spektrums festgestellt.

Über die quantitative Bestimmung des Azetylens s.[22])

Zur quantitativen Bestimmung der Schwefel- und Phosphorverbindungen leitet man ein gemessenes Volumen Azetylen oder dessen Verbrennungsgase[23]) durch eine Lösung von Natriumhypochlorit oder -hypobromit. Hierbei erfolgt Oxydation der vorhandenen Schwefel- und Phosphorverbindungen zu Schwefelsäure und Phosphorsäure.[24]) Ammoniak wird dadurch bestimmt, daß man 2 L Azetylen durch $^1/_{100}$—n Schwefelsäure leitet und titriert. Sauerstoff, Stickstoff, Methan, Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff werden auf volumetrischem Wege bestimmt.

Verwendung: Die Hauptmenge des Azetylens dient Beleuchtungszwecken. Azetylen gibt das schönste und reichste Kohlenstofflicht. Das Licht ist glänzendweiß und übertrifft an Leuchtkraft das Auerlicht. Es enthält alle Strahlen des Sonnenspektrums und gibt die Farben wieder beinahe wie Tageslicht. Das Gas bedarf eines Druckes von 80—100 mm Wassersäule. Man verbrennt es in besonderen Brennern; ohne Zumischung von Luft in Strahlen-(Loch)-brennern, Schnittbrennern und Schmetterlingsbrennern. Diese haben eine äußerst feine Bohrung, durch die das Gas ausströmt. Der Brennerkopf besteht aus einem hitzebeständigen, nicht leitenden Material, fast ausschließlich aus gebranntem Speckstein. Am vorteilhaftesten in Beziehung auf Lichtausbeute ist der Bray-Brenner, bei dem das Gas durch zwei gegenüberliegende Öffnungen ausströmt, so daß die Gasströme sich treffen und die Azetylenflamme in eine dünne Scheibe breitgezogen wird. Der Nachteil aller dieser Brenner ist das schnelle Verrußen. Beim Vermischen des Azetylens mit Luft unterscheidet man hauptsächlich zwei im Prinzip verschiedene Brenner. Der Billwillerbrenner ist dadurch gekennzeichnet, daß senkrecht zur Ausströmungsöffnung des Azetylens, aber in einiger Entfernung, eine Scheibe mit größerer Brenneröffnung angebracht wird. Das ausströmende Gas reißt die unter der Platte befindliche Luft mit sich und gelangt oberhalb der Platte zur Verbrennung. Man hat hier kein Verrußen, da die Flamme über dem Brenner schwebt. Bei dem Dolanbrenner wird das zur Verbrennung kommende Azetylen nicht mit Luft gemischt, sondern nur mit einer Lufthülle umgeben, dadurch, daß der Gasstrom durch eine vorgelegte, mit der Außenluft in Verbindung stehende Mündungskammer geführt wird. Der umgebende Luftmantel bewirkt eine genügende Kühlung des

Brennerkopfes und verhindert die vorzeitige Rußabscheidung. Azetylen wird auch als Glühlicht, sowohl stehendes wie hängendes, gebrannt. Der Azetylenglühlichtbrenner ist ein für dieses Gas besonders konstruierter Bunsenbrenner. Das Azetylen dient vor allem zur Kleinbeleuchtung (Fahrradlaternen, Automobillaternen, Bergwerkslampen) und zur Beleuchtung einzelnstehender Gebäude. Es wird für kleinere Ortschaften auch in Azetylenzentralen erzeugt. Es dient weiter zur Beleuchtung von Bojen, Leuchttürmen, Scheinwerfern, überhaupt für Signalzwecke. Es wird wegen seiner großen Helligkeit auch für Projektionsapparate und in der Photographie benutzt. Für viele dieser Verwendungsarten eignet sich besonders das gelöste Azetylen.

Zur Beleuchtung, vor allem von Eisenbahnwagen, wird das Azetylen in Mischungen mit Fettgas benutzt und so als Mischgas bezeichnet. Das Fettgas wird durch Vergasen des von der trockenen Destillation der Braunkohlen herrührenden Braunkohlenteeröls (Gasöl) erhalten. Man verwendet gewöhnlich ein Mischungsverhältnis von 30 Teilen Azetylen und 70 Teilen Fettgas, das auf 10 atm zusammengepreßt wird. Mischgas ist weniger explosiv, als reines Azetylen.

Man verwendet auch karburiertes Azetylen. 1 cbm Azetylen nimmt bei 20° etwa 1000 g Gasolin oder 80 g Benzol auf.[25])

Auch für Kochzwecke und zur Betreibung von Gasmotoren dient das Azetylen. Die Azetylenmotoren arbeiten gut, aber ziemlich teuer. Ein 6—8 PS-Motor verbraucht ungefähr 150—160 L für Pferdekraft und Stunde.[25])

Ein wichtiges Verwendungsgebiet des Azetylens ist bei der autogenen Metallbearbeitung, wozu große Mengen verbraucht werden. Die Azetylensauerstoffflamme ist heißer, als die Wasserstoffknallgasflamme und ist bei Verwendung besonders konstruierter Brenner hervorragend zum Schweißen und Schneiden der Metalle geeignet. — Azetylen dient weiter zur Rußgewinnung. Die Karboniumfabrik in Friedrichshafen z. B. spaltete Azetylen unter Druck mittels elektrischen Funkens in Ruß und Wasserstoff. Der 98—99%ige Wasserstoff diente zur Füllung der Luftschiffe. Der Azetylenruß ist sehr rein. Er wird als Azetylenschwarz für Farben, besonders der Buchdruck- und Lithographenindustrie, für Lack-, Gummi-, Goldleistenfabrikation und verschiedene Gebiete der Elektrizitätsindustrie verwendet. Wegen seiner physikalischen Beschaffenheit ist er nicht zu allen Zwecken geeignet. Der Azetylenruß kostet nur etwa 1,50 M. das Kilo, während die besseren amerikanischen Rußsorten 2,50 M. bis 3 M. kosten. Über weitere Darstellungen von Ruß, Graphit und Wasserstoff (z. B. aus Azetylen und Kohlensäure oder Kohlenoxyd) s. [26]). — Azetylen dient weiter zur Darstellung von Azetaldehyd (s. oben unter chemische Eigenschaften). — Von technischer Bedeutung sind schließlich die Azetylenchlorverbindungen, s. Tetrachloräthan, Trichloräthan, Hexachloräthan. Näheres über die Darstellung und weitere Azetylenchlorverbindungen[27]).

Gesetzliche Vorschriften: Die Herstellung und der Betrieb von Azetylengasapparaten unterliegen gesetzlichen Vorschriften. Im Jahre 1913 sind neue Verordnungen erlassen worden, die für alle deutschen Bundesstaaten gültig sind.[28])

Volkswirtschaftliches: Der Preis für Kalziumkarbid ist sehr schwankend. Er stellt sich auf etwa 20—30 Pfg. für 1 kg; 1 cbm Azetylen kann mit 1,60 M. angenommen werden. Für das gelöste Azetylen setzt man etwa 3 M. auf den cbm bei Leihflaschen und 2 M. auf den cbm bei Eigentumsflaschen an.

In J. Vogel, das Azetylen, Leipzig 1911, S. 179 findet sich folgende Kostenaufstellung:

Unter Zugrundelegung der folgenden Einheitspreise (Gaskalender 1910) von

1 L Petroleum	20	Pfg
1 L Spiritus	40	„
1 kg Solin	40	„
1 cbm Wassergas (Einzelanlage)	3	„
1 cbm Wassergas (Zentrale)	20	„
1 cbm Luftgas	20	„
1 kg Karbid	20	„
1 cbm Azetylen (Zentrale)	160	„
1 cbm Steinkohlengas	20	„
1 Hektowatt elektrische Energie	6	„

berechnen sich: (s. Tabelle S. 86).

Die Einfuhr von Kalziumkarbid betrug 1913:

	t	im Werte von M.
	46 725	9 345 000
davon aus		
Norwegen	15 248	3 050 000
Schweiz	23 530	4 706 000
Österreich-Ungarn	7 299	1 460 000

Die Ausfuhr an Metallkarbiden überhaupt betrug im selben Jahre 500 t im Werte von 202000 M.

Beleuchtungsart	Mittlerer Brennstoffverbrauch für 1 HK i. d. St.	Kosten für 100 HK Pfg.
Petroleumlampe	4 cc	8,0
Petroleumglühlicht	1 cc	2,0
Spiritusglühlicht	1,2 cc	4,8
Luftgasglühlicht (Einzelanlage)	0,5 g Solin	2,0
Luftgasglühlicht (Zentrale)	2,0 L Gas	4,0
Wassergasglühlicht (Einzelanlage)	2,0 L	0,6
Wassergasglühlicht (Zentrale)	2,0 L	4,0
Azetylen, offene Flamme (Einzelanlage)	2,2 g Karbid	4,4
Azetylen, offene Flamme (Zentrale)	0,7 L Gas	11,2
Azetylenglühlicht (Einzelanlage)	0,83 g Karbid	1,66
Azetylenglühlicht (Zentrale)	0,25 L Gas	4,0
Steinkohlengas-Schnittbrenner	10,0 L Gas	20,0
Steinkohlengas, stehendes Glühlicht	1,5 L Gas	3,0
Steinkohlengas, hängendes Glühlicht	1,0 L Gas	2,0
Steinkohlengas, Preßgas aufrecht	0,8 L Gas	1,6
Steinkohlengas, Preßgas hängend	0,5 L Gas	1,0
Elektr. Kohlenfadenlampe	3,5 Watt	21,0
Elektr. Osmium- u. Tantallampe	1,5 Watt	9,0
Elektr. Osram- u. Wolframlampe	1,0 Watt	6,0
Elektr. Bogenlicht mit Glocke	1,1 Watt	6,6
Elektr. Flammenbogenlampe	0,25 Watt	1,5

Literatur:

Allgemeine.

Handbuch für Azetylen in techn. u. wissenschaftlicher Hinsicht von N. Caro, A. Ludwig und J. H. Vogel. Herausgegeb. von J. H. Vogel, Braunschweig 1904.

Das Azetylen, seine Eigenschaften, seine Herstellung und Verwendung. J. H. Vogel, Leipzig 1911.

F. Liebetanz, Kalziumkarbid und Azetylen. Leipzig 1909.

M. Altschul, Jahrb. für Azetylen und Karbid. Berichte über die wissenschaftlichen und technischen Fortschritte, Bd. I 1899, Bd. II, 1900, Bd. III 1901, (nicht fortgesetzt), Halle a. d. S.

W. Siller, Versuche über gelöstes Azetylen unter besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen, Diss. Berlin 1913.

Zeitschriften:

Azetylen in Wissenschaft und Industrie, Halle (seit 1898).

Karbid und Azetylen, Berlin (erschien 1897 bis 1908 als „Zeitschrift für Kalziumkarbidfabrikation, Azetylen- und Kleinbeleuchtung."

Besondere Hinweise:

1. Ber. chem. Ges. **18,** 2273.
2. Thomsen, Thermochemische Untersuchungen S. 476.
3. Compt. rend. **121,** 1144.
4. Müller, J. prakt. Chem. (2) **58,** 21.
5. Berthelot, Ann. chim. phys. (4) **9,** 425.
6. Claude u. Heß, Compt. rend. **124,** 626.
7. Claude, Compt. rend. **128,** 303.
8. Ber. chem. Ges. **33,** 637.
9. Ladenburg, Ber. chem. Ges. **31,** 1968.
10. Caro, Ludwig u. Vogel, S. 748ff.
11. Zentrbl. **1898 II,** 1007. FP. 425 057 u. 455 370.
12. Moissan, Compt. rend. **127,** 917.
13. l. c. S. 918.
14. Caro, Ludwig u. Vogel S. 14ff.
15. l. c. S. 14—126.
16. Näheres Caro, Ludwig u. Vogel S. 74ff.
17. Dieselben S. 97—122.
18. z. B. Caro, Ludwig u. Vogel S. 277ff.
19. J. Vogel, Leipzig 1911, S. 141ff.
20. l. c. S. 150.
21. Ber. chem. Ges. **32,** 2697.
22. W. Hempel, Gasanalytische Methoden, Braunschweig 1913, S. 265ff.
23. Journ. f. Gasbeleuchtung, 1901, 549, Eitner & Keppler. Caro, Ludwig u. Vogel, Methode von Caro S. 243f.
24. Z. angew. Ch. 1897, 651, Lunge u. Cedercreutz.
25. J. Vogel, Leipzig 1911, S. 220.
26. l. c. S. 229ff.
27. l. c. S. 221ff.
28. Karbid und Azetylen 1913, Nr. 9, S. 93.

H. Schladebach.

Azetylenkupfer s. Azetylen.

Azetylenruß s. Azetylen u. Farbstoffe I, 81, b.

Azetylenschwarz s. ebenda.

Azetylentetrachlorid s. Tetrachloräthan.

Azetylzellulose s. Plast. Massen 2.

Azoimid s. Stickstoffwasserstoffsäure

Aztekenstein s. Steine I, 26.

Azurblau s. Farbstoffe I, 54, 84, 89.

Azurit s. Steine I, 2.

Azurmalachit s. ebenda.

B

Bablah s. Gerbstoffe 31.
Backpulver s. Natriumbikarbonat, Weinsäure.
Backsteine s. Steine IV.
Baculagewebe s. Steine V, L, f.
Bakelit s. Plastische Massen 5; Harze 10, I, a.
Baktoform s. Desinfektionsmittel 86.
Baktose s. Desinfektionsmittel 102.
Balata s. Guttapercha.
Baldurit s. Sprengstoffe V, 8 a.
Ballas s. Steine I, 6.
Ballistit s. Sprengstoffe V, 4 l.
Balmainsche Masse s. Leuchtmassen.
Balsame s. Harze.
Baltimoregelb s. Farbstoffe I, 20.
Bananenhanf s. Textilien A II, c 2.
Barbarit s. Sprengstoffe V, 8 a.
Barbatimaorinde s. Gerbstoffe 23.

Barium: franz.: baryum; engl.: barium. Chemisches Element, Metall. Zeichen Ba. Atomgewicht 137,37.[1]) Einatomig, Molekulargewicht also auch 137,37. In den Salzen ist Barium zweiwertig.

Formarten: Bei Zimmertemperatur ist Barium fest.

Kolloides Barium: Durch Zerstäuben im elektr. Lichtbogen unter org. Flüssigkeit zu erhalten. Farbe im durchgehenden Licht rotbraun, im reflektierten Licht grau.[2])

Schmelzpunkt 850°.[3])

Siedepunkt: Kann im Vakuum zum Sieden gebracht werden. Unter gewöhnlichem Druck ist es bei 950° flüchtig und verdampft bei 1150° bereits sehr schnell.[4]) Im Vakuum beginnt es bereits bei 355° flüchtig zu werden.[5])

Dichte: Dichte des reinen Barium 3,78.[6]) Die Bariumverbindungen sind spezifisch sehr schwer, daher der Name Barium von griech. $\beta\alpha\rho\acute{\upsilon}\varsigma$ = schwer.

Spez. Wärme: Zwischen —185° und +20° 0,0681 cal/g Grad.[7]) Bei 50° absolut 0,0350.[8])

Atomwärme: Bei 50° absolut 4,80.[8])

Brennbarkeit: Reines Barium kann sich in feuchter Luft selbst entzünden;[9]) verbrennt beim Erhitzen an der Luft.

Absorption: Barium absorbiert beim Erhitzen Stickstoff[10]) und Wasserstoff.

Diffusion: Diffundiert in Quecksilber. Diffusionsgeschwindigkeit bei 7,8° 0,52 cm^2/Tag[11]) aus 0,1 %igem Amalgam.

Farbe: Silberweiß schwach glänzend. Die Salze sind farblos, wenn sie keine fremden färbenden Bestandteile enthalten.

Lichtausstrahlung: Die Bunsenflamme wird je nach dem Salz gelblich oder grün gefärbt.[12])

Spektralanalyse: Das Emissionsspektrum des Barium zeigt zahlreiche Linien von Orange bis Blau. Besonders charakteristisch sind zwei grüne Linien und eine gelbe Linie. Anzahl der Linien im Bogenspektrum 207,[13]) im Funkenspektrum 148.[14]) Photographien des Spektrums.[15]) Linien des Bogenspektrums,[13])[16]) des Funkenspektrums.[14])[17]) Ultraviolettes Spektrum.[18]) Ultrarotes Spektrum.[19]) Bandenspektrum.[20]) Literatur über das Bariumspektrum.[21])

Lichtelektrische Eigenschaften: Barium zeigt möglicherweise selektiven Photoeffekt bei 280 $\mu\mu$.[22])

Magnetische Eigenschaften: Barium ist paramagnetisch. Die Suszeptibilität nimmt in dem Gebiet zwischen —170° und +18° mit der Temperatur zu.[23]) Atomistischer Magnetisierungskoeffizient in einfachen Verbindungen —38,2. 10^{6}.[24])

Elektrolytische Eigenschaften: Ionenbeweglichkeit bei 18° = 55.[25])[26]) Temperaturkoeffizient derselben 0,0239.[26])

Verhalten gegen Röntgenstrahlen: Hochfrequenzspektrum,[28]) Absorptionsspektrum.[29])

Haltbarkeit: Oxydiert sich an der Luft schnell, wobei es sich mit einer weißen bis gelblichen Rinde von BaO überzieht und zu Pulver zerfällt.

Bearbeitbarkeit: Metallisches Barium ist schwer plattzudrücken.

Verwendbarkeit: Das metallische Barium kann wegen seiner absorbierenden Eigenschaften zur Erzeugung hoher Vakua verwendet werden. Die Verbindnugen finden zahlreiche Anwendungen.

V. Engelhardt.

Chemische Eigenschaften: Met. Barium oxydiert sich an der Luft sehr schnell und überzieht sich dabei mit einer schützenden Kruste von Bariumoxyd. In einer Kohlensäureatmosphäre unveränderlich. Zersetzt das Wasser bei gewöhnl. Temperatur sehr heftig.

Preise: Bariummetall,
durch Elektrolyse 1 g M. 24,00
aus Amalgam 100 g M. 40,00

Bezugsquelle: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.

Ed. Schenk.

1. Internationale Atomgewichte für 1916 (1918 kein neuer Beschluß), Ber. chem. Ges. **51**, 8 (1981).
2. Svedberg, Ber. chem. Ges. **39** 1705 (1906).
3. Guntz, Bull. Soc. chim. (3) **29**, 483 (1903). Ztrbl. 1903 II 235.
4. Guntz, Bull. Soc. chim. (3) **29**, 483 (1903). Ztrbl. 1903 II 235.
5. Knocke, Ber. chem. Ges. **42**, 206 (1909), Ztrbl. **1909 I**, 503.
6. Guntz, Bull. Soc. chim. (3) **29**, 483 (1903), Ztrbl. 1903 II 235.
7. Nordmeyer u. Bernouilli, Ber. d. physik. Ges. **5**, 175 (1907), Ztrbl. **1907, II**, 10.
8. Dewar, Proc. Roy. Soc. **89**, A 158 (1913), Ztrbl. **1913 II**, 1360.
9. Guntz, Ann. chim. phys. (8) **10**, 437 (1907).
10. Maquenne, Compt. rend. **121**, 1147 (1895).
11. M. v. Wogau, Ann. Phys. (4) **23**, 345 (1907).
12. Cartmell, Phil. Mag. (4) **16** 328 (1858).
Mertz, J. prakt. Chem. **80** 497 (1860).
13. Exner u. Haschek, Die Spektren der Elemente bei normalem Druck. Lpz. u. Wien 1911, 2. Bd., S. 9.
14. Exner u. Haschek, a. a. O. 3. Bd., S. 14.
15. Hagenbach u. Konen, Atlas der Emissionsspektra der meisten Elemente, Jena 1905, Taf. 5 u. 6.
16. Kayser u. Runge, Abh. Akad. Berl. (1891), Wied. Ann. **43**, 384 (1891). Hoeller, Z. f. wiss. Phot. **6**, 217 (1908). Eder u. Valenta, Sitzber. d. Wien. Akad. **119** IIa (1910). Exner u. Haschek a. a. O. 1. Bd., S. 44.
17. Eder u. Valenta, Sitzber. d. Wien. Akad. **118** IIa (1909). Exner u. Haschek a. a. O. 1. Bd., S. 58.
18. Exner u. Haschek, Wellenlängentabellen auf Grund der ultravioletten Funkenspektren der Elemente, Lpz. u. Wien 1902, 1. Bd., S. 20; 2. Bd., S. 7; Exner u. Haschek, Wellenlängentabellen auf Grund der ultravioletten Bogenspektren der Elemente, Lpz. u. Wien 1904, 1. Bd., S. 25; 2. Bd., S. 4.
19. Lehmann, Ann. Phys. **8**, 643 (1902) Ztrbl. 1902 II 334, 728. Randall, Ann. Phys. (4) **33**, 739 (1910), Ztrbl. **1910 II**, 1735. Eder u. Valenta, Ztrbl. **1910 II**, 1273. Eder, Sitzber. d. Wien. Akad. **123 IIa**, (1914). Ztrbl. **1915 I**, 1046.
20. Lecocq de Boisbaudran, Compt. rend. **149**, 899 (1909), Ztrbl. **1910 I**, 506.
21. Kayser, Handbuch der Spektroskopie, 5. Bd., 1910, S. 139—142.
22. Pohl u. Pringsheim, Verh. d. Phys. Ges. **13**, 474 (1911).
23. Owen, Ann. Phys. (4) **37**, 657 (1912), Ztrbl. **1912 I**, 1957.
24. Pascal, Compt. rend. **158**, 1895 (1914), Ztrbl. **1914 II**, 452.
25. Kohlrausch, Z. physik. Ch. **13**, 333 (1907), Ztrbl. **1907 II**, 512.
26. Kohlrausch, Wied. Ann. **50**, 385 (1893), **66**, 785 (1898).
27. Drucker, Z. El. Chem. **13**, 596 (1907), Ztrbl. **1907 I**, 1093.
28. Barkla, Phil. Mag. (6) **22**, 396 (1911), Ztrbl. **1911 II**, 1574. Broglie, Compt. rend. **158**, 1785 (1914), Ztrbl. **1914 II**, 682, Malmer, Phil. Mag. (6) **28**, 787 (1914), Ztrbl. **1915 I**, 127.
29. Broglie, Compt. rend. **163** 87 (1916) Ztrbl. 1916 II, 723.

V. Engelhardt.

Bariumchlorid, Chlorbarium, lat.: baryum chloratum; frz.: chlorure de baryum; engl.: chloride of barium. Chem. Zus.: $BaCl_2 . 2H_2O$. Mol.-Gew. 244,33. $BaCl_2$: 85,25%, H_2O: 14,75%. Bariumchlorid bildet große wasserhelle Kristalle vom spez. Gew. 3,054, die an der Luft beständig sind. Die Kristalle verknistern in der Flamme und verlieren bei 121° C ihr Kristallwasser, ebenso in trockenem Luftstrome schon bei 60° C. Das wasserfreie Salz bildet eine weiße Masse von bitterem Geschmack, es schmilzt bei Rotglut bei 847° C und erstarrt nach dem Erkalten zu einer durchscheinenden Masse. Das geschmolzene Bariumchlorid ist ein guter Leiter des elektr. Stromes. Bildungswärme des wasserfreien Salzes: + 194,25 kcal. Lösungswärme von $BaCl_2 . 2H_2O$ in 400 Mol. Wasser: —4,93 kcal. Bariumchlorid absorbiert unter höherem Druck unter Volumvergrößerung erhebliche Mengen Ammoniak, die es an der Luft schnell wieder abgibt. Geschmolzenes Bariumchlorid löst ziemliche Mengen von Bariumoxyd. Mit Kaliumbichromat entsteht Bariumchromat, Kaliumchlorid und freie Chromsäure. Das geschmolzene Bariumchlorid reagiert nach dem Anfeuchten alkalisch.

Bariumchlorid ist in Wasser leicht löslich. 100 T. Wasser lösen bei 15° C: 34,5 g, bei 100° C 59 g wasserfreies Bariumchlorid.

100 T. Wasser lösen nach Mulder, Gerardin bei

Temp.	Teile $BaCl_2 . 2H_2O$	Temp.	Teile $BaCl_2 . 2H_2O$
5°	32,2	50°	43,6
10°	33,3	60°	46,4
15°	34,5	70°	49,4
20°	35,7	80°	52,4
30°	38,2	90°	55,6
40°	40,8	100°	57,8

Spez. Gewicht und Gehalt der Lösungen von Bariumchlorid bei 21,5° C nach Schiff:

Vol.-Gew.	Proz. $BaCl_2.2H_2O$	Proz. $BaCl_2$
1,0073	1	0,853
1,0147	2	1,705
1,0222	3	2,558
1,0298	4	3,410
1,0374	5	4,263
1,0452	6	5,115
1,0530	7	5,968
1,0610	8	6,821
1,0692	9	7,673
1,0776	10	8,526
1,0861	11	9,379
1,0947	12	10,231
1,1034	13	11,084
1,1122	14	11,936
1,1211	15	12,789
1,1302	16	13,641
1,1394	17	14,494
1,1488	18	15,346
1,1584	19	16,199
1,1683	20	17,051
1,1783	21	17,904
1,1884	22	18,756
1,1986	23	19,609
1,2090	24	20,461
1,2197	25	21,314
1,2304	26	22,166
1,2413	27	23,019
1,2523	28	23,871
1,2636	29	24,724
1,2750	30	25,577

1 T. Bariumchlorid löst sich bei 15° C in 7500 T. Alkohol von 99,3%.

Elektrische Leitfähigkeit der wässrigen Lösung:

Temperatur	Prozentgehalt	Leitfähigkeit
1°	5	3640.10^{-9}
18°	10	6860.10^{-9}
18°	15	9830.10^{-9}
18°	20	1245.10^{-8}
18°	24	1435.10^{-8}

Minimum der Zersetzungsspannung: 1,94 Volt.

Setzt man zur wässrigen Lösung von Bariumchlorid starke Salzsäure, so verringert sich dessen Löslichkeit. Aus der konzentrierten Lösung fällt durch konz. Salzsäure oder beim Einleiten gasförmiger Salzsäure Bariumchlorid $BaCl_2.2H_2O$ aus. Konz. Salpetersäure fällt Bariumnitrat. Eine gesättigte Lösung von Bariumnitrat gibt mit einer gesättigten Lösung von Bariumchlorid keine Fällung.

Zur Bestimmung des Gehaltes an Bariumchlorid fällt man die mit etwas Salzsäure angesäuerte siedend heiße Lösung von Bariumchlorid mit heißer Schwefelsäure als Bariumsulfat, das nach dem Auswaschen mit heißem Wasser geglüht und gewogen wird.

Mögliche Verunreinigungen: Kalzium, Strontium, Magnesium, Blei.

Verwendungen: Bariumchlorid dient zur Herstellung von Permanentweiß (Bariumsulfat), Barytgelb aus Bariumchlorid mit Kaliumchromat (Ultramaringelb), von Barytgrün (Kasseler Grün) durch Fällung von Kaliummanganat mit Bariumchlorid und Glühen. Beständige für Freskomalerei geeignete Farbe (E. Fleischer, Dingl. Journ. 211, 320); zur Herstellung von Bariumlacken aus Teerfarbstoffen; zum Reinigen von Lösungen, deren Schwefelsäure entfernt werden soll, es dient ferner als Reagens auf Schwefelsäure, als Antiseptikum, zum Verhüten von Kesselstein, als Appreturmittel, zum Beschweren gefärbter und ungefärbter Gewebe. In der Tonwarenindustrie dient es dazu, die in manchen Tonen enthaltenen löslichen Sulfate auszufällen, um deren Auswitterung zu verhindern.

Deutscher Außenhandel an Bariumchlorid nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	2781	236	4189	377
1908	2256	214	3415	339
1909	1907	181	5340	532
1910	1955	186	6453	645
1911	2002	191	6180	650
1912	3674	331	7298	696
1913	2598	247	5649	567

Eingeführt wurden im Jahre 1913: Aus Österreich-Ungarn 2583,8 t, aus Holland 12,3 t; ausgeführt wurden: nach Frankreich 1744,1 t, nach den Vereinigten Staaten 1343,4 t.

Preise: Bariumchlorid,

techn. kalz. ca. 95% $BaCl_2$ % kg M. 15,00
krist. weiß . . . . . % „ „ 16,00
doppelt ger. krist. . . . % „ „ 28,00
chem. rein, krist. . . . % „ „ 40,00
„ „ wasserfrei . % „ „ 80,00

Bezugsquellen: Aktiengesellschaft für chem. Industrie, Gelsenkirchen-Schalke (Westf.); Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N, Müllerstr. 170/171; Chem. Fabrik Opladen, GmbH., Opladen; Chem. Fabrik Rhenania AG., Aachen; Gebrüder Giulini, GmbH., Ludwigshafen a. Rh.; Th. Goldschmidt AG., Zweigniederlassung Mannheim-Rheinau; Norddeutsche chem. Fabrik Harburg, Harburg a. d. Elbe.

Literatur:
Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chem., 7. Aufl., **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.
Ed. Schenk.

Bariumchromat s. Farbstoffe I, 5.
Bariumhydrat s. Bariumhydroxyd.

Bariumhydroxyd, Ätzbaryt, Barythydrat, Bariumhydrat; lat.: Baryum hydroxydatum; frz.: Baryte hydraté; engl.: Barium hydrate. Chem. Zus.: $Ba(OH)_2$. Mol.-Gew. 171,42. BaO: 89,49, H_2O: 10,51. $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$. Mol.-Gew. 315,54. BaO: 48,62%, H_2O: 51,38%. Weißes Pulver oder wasserhelle Kristalle vom spez. Gew. 1,656, die an der Luft zu $Ba(OH)_2 \cdot H_2O$ verwittern. Die Kristalle schmelzen bei 78,5°C im Kristallwasser, das sie dabei vollständig verlieren. Das wasserfreie Bariumhydroxyd löst sich in Wasser unter Wärmeentwicklung, das mit 8 Mol. Wasser kristallisierte unter Wärmeabsorption. Die wässrige Lösung von Bariumhydroxyd heißt Barytwasser; sie ist farblos und stark alkalisch, Kurkumapapier wird stärker gefärbt als mit Kalziumhydroxyd. Die wässrige Lösung zieht aus der Luft Kohlensäure an und es bildet sich auf der Flüssigkeitsoberfläche eine weiße Haut von Bariumkarbonat.

Löslichkeit von Bariumhydroxyd in Wasser: 100 T. Wasser lösen bei

Temperatur	T. BaO	Temperatur	T. BaO	Temperatur	T. BaO
0°	1,5	30°	5,0	60°	18,76
5°	1,75	35°	6,17	65°	24,67
10°	2,22	40°	7,36	70°	31,9
15°	2,89	45°	9,12	75°	56,85
20°	3,48	50°	11,75	80°	90,77
25°	4,19	55°	14,71		

In wässriger Kochsalzlösung ist Bariumhydroxyd reichlicher löslich als in Wasser, ebenso in gesättigten Alkalinitratlösungen. In Alkohol schwer löslich. Gleiche Mole Alkohol und Wasser lösen nur etwa 4% $Ba(OH)_2$.

B. dient in der Zuckerindustrie zur Scheidung des Zuckerrübenrohsaftes und zur Abscheidung des Zuckers aus Melassen, zur Herstellung von Ätzalkalien aus Sulfaten, zum Härten von Gipsmodellen und -abgüssen (Reißig); nach Fitzinger durch aufeinanderfolgendes Tränken mit Barytwasser und Borsäurelösung; zu analytischen Zwecken z. B. zur Bestimmung von Kohlensäure.

Preise: Barythydrat, % kg M.
techn. krist. 26,00
geschmolzen (55/60%) 40,00
entwässert 85,00
raffin. krist. 30,00
doppelt raffin. krist. 42,00
„ „ Pulver 50,00
„ „ entwässert . . . 110,00
chem. rein, krist. 55,00
„ „ entwässert . 1 kg M. 2,50

Bezugsquellen: Bariumoxydgesellschaft m. b. H., Hönningen a. Rh.; Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N, Müllerstr. 170/171; Chem. Fabrik Coswig-Anhalt, GmbH., Coswig (Anhalt); Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer AG., Grünau (Mark); E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Karl Raspe, Weißensee bei Berlin.

Literatur:
Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie d. techn. Chem. **2**.
Ed. Schenk.

Bariumkarbonat, kohlensaurer Baryt; lat.: baryum carbonicum; frz.: carbonate de baryte; engl.: carbonate of barium. Chem. Zus.: $BaCO_3$. Mol.-Gew. 197,4. BaO: 77,71%, CO_2: 22,29%. Weißes, kristallinisches Pulver oder prismatische Kriställchen vom spez. Gew. 4,275. Geschmacklos, giftig. In feuchtem Zustande bläut es Lackmuspapier. Leuchtet im Kathodenlicht sehr stark. Im Knallgasgebläse schmelzbar, wobei alle Kohlensäure entweicht. Beim Überleiten von Wasserdampf über rotglühendes Bariumkarbonat entsteht unter Entweichen von Kohlensäure Bariumhydroxyd. Mit Kohlenstoff erhitzt entweicht die Kohlensäure bereits bei 1100°. In Wasser unlöslich. Salzsäure und Salpetersäure lösen Bariumkarbonat unter Entwicklung von Kohlensäure zu den entsprechenden Salzen. Von Schwefelsäure oder organischen Säuren wird es nur sehr langsam angegriffen. Bei der Einwirkung von Chlor auf in Wasser aufgeschlämmtes

Bariumkarbonat entstehen Bariumchlorid und Bariumchlorat. Beim Kochen mit Ammoniumchlorid- oder Ammoniumnitratlösung entstehen unter Entweichen von Kohlensäure und Ammoniak Bariumchlorid bezw. Bariumnitrat.

Quantitative Bestimmung: Die klare salzsaure Lösung wird heiß mit heißer verdünnter Schwefelsäure gefällt, wobei sich Bariumsulfat ausscheidet. Gewöhnl. Verunreinigungen: Eisen, Zink, Mangan.

Verwendung: Bariumkarbonat dient zur Herstellung von Gläsern und Steingutglasuren, zur Herstellung bleifreier Gläser für optische Zwecke, z. B. 100 kg Quarzsand, 25 kg 90%ige Pottasche, 10 kg 90%ige Soda, 20 kg Marmor, 20 kg Bariumkarbonat, mit 100 kg Scherben und Zusätzen zur Entfärbung des Glasflusses (Sprechsaal 1895, 687), von reinfarbigen Ziegeln und Terrakotten, von Barytzement, der besonders hart wird, durch Brennen von 2—3 T. Bariumkarbonat mit 2 T. Quarz, 1 T. kieselsaurer Tonerde und 9—10 T. kohlensaurem Kalk (A. Allain, D. Ind.-Ztg. 1870, 79). Zur Herstellung von Bariumverbindungen, z. B. von Bariumoxyd nach W. Feld durch Brennen von Bariumkarbonat mit wasserstofffreiem Brennmaterial. Zur Herstellung von Bariumhydroxyd durch Glühen von Bariumkarbonat im Wasserdampfstrome, von Bariumchlorid mit Kalzium- oder Magnesiumchlorid (DRP. 257277). Zur Herstellung von Leuchtkugeln: 1 T. Bariumkarbonat, 2 T. Schwefel und 6 T. Kaliumchlorat. In der Sprengstofftechnik als neutralisierender Bestandteil für die bei der Explosion in Patronenzündsätzen entstehenden sauren Explosionsgase.

Deutscher Außenhandel an Baryt, künstl. kohlensaurem Barium u. a. n. gen. Bariumverbindungen:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	97	19	3750	938
1908	241	48	4069	1017
1909	25,6	13	3900	585
1910	34,6	17	5363	595
1911	46,3	23	8234	803

Preise: Bariumkarbonat, % kg M.
gefällt, techn. weiß Nr. 1 22,00
„ „ „ „ 2 16,00
gereinigt, schneeweiß 75,00
chem. rein 168,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N, Müllerstr. 170/171; Chem. Fabrik Opladen, GmbH., Opladen; Gebrüder Giulini, GmbH., Ludwigshafen a. Rh.; Harkortsche Bergwerke und chem. Fabriken zu Schwelm und Harkorten AG. in Gotha; Reimbold u. Strick, GmbH., Cöln a. Rh.; Rinau-Kessel u. Co., Cöln a. Rh.-Weichserhof 4; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bariumnitrat, salpetersaurer Baryt; lat.: baryum nitricum; frz.: nitrate de baryte; engl.: nitrate of barium. Chem. Zus.: $Ba(NO_3)_2$. Mol.-Gew. 261,5. BaO: 58,65%, N_2O_5: 41,35%. Mattweiße bis farblose reguläre Kristalle vom spez. Gewicht 3,23, von herb scharfem Geschmack. An der Luft etwas hygroskopisch. Verknistert in der Hitze. Schmelzp. 592°. Bildungswärme (Ba,N_2O_4,O_2) = 229,72 kcal. Mit Alkalisalpeter erhitzt schmilzt es unzersetzt. Beim Glühen bildet es Stickstoff, Sauerstoff und nitrose Gase, wobei weißes Bariumoxyd hinterbleibt. Mit entzündlichen Körpern erhitzt, verpufft es unter Ausstrahlung eines grünlichen Lichtes. Wasserstoff reduziert Bariumnitrat zu Bariumhydroxyd, Kohlenoxyd bildet Bariumoxyd und Bariumkarbonat. Von schmelzendem Blei wird es heftig reduziert. In Wasser ist Bariumnitrat leicht löslich. Lösungswärme für $Ba(NO_3)_2$ in 400 Mol. Wasser: 9,4 kcal. 100 ccm Wasser lösen bei 15° C 8,1 g, bei 100° C 34,2 g Bariumnitrat.

Volumgewichte der Lösungen in Wasser von 19,5° C (Kremers):

Vol.-Gew.	Proz. $Ba(NO_3)_2$	Vol.-Gew.	Proz. $Ba(NO_3)_2$
1,009	1	1,050	6
1,017	2	1,060	7
1,027	3	1,069	8
1,037	4	1,078	9
1,042	5	1,073	10

Elektrische Leitfähigkeit der wässrigen Lösung bezogen auf Quecksilber von 0° C:

Temperatur	Prozentgehalt	Leitfähigkeit
17,83°	0,13	$9426{,}5 \cdot 10^{-11}$
18,00°	8,40	$3300 \cdot 10^{-11}$

Aus der konz. wässrigen Lösung wird B. durch konz. Salpetersäure ausgefällt. Daher wird auch Bariumkarbonat durch

konz. Salpetersäure nicht angegriffen. Aus der gesättigten Lösung wird durch konz. Salzsäure Bariumchlorid $BaCl_2.2H_2O$ gefällt. Bariumnitrat ist in fl. Ammoniak und wasserfreiem Hydroxylamin löslich, ebenso in Azeton, unlöslich in absolutem Alkohol.

Quantitative Bestimmung: Aus der mit Salzsäure angesäuerten kochenden Lösung wird das Barium durch heiße verd. Schwefelsäure als Bariumsulfat gefällt. Verunreinigungen: Kalzium, Strontium, Magnesium, Blei.

Verwendung: Bariumnitrat dient zur Herstellung von Bariumsuperoxyd; in der Feuerwerkerei zur Erzeugung von grünen, bengalischen Flammen: 8 T. Bariumnitrat, 3 T. Kaliumchlorat, 3 T. Schwefel oder 45 T. Bariumnitrat, 10 T. Kaliumchlorat, 10 T. Schwefel, 1 T. Antimontrisulfid. Zur Herstellung von Leuchtkugeln: 40 T. Bariumnitrat, 20 T. Kaliumchlorat, 10 T. Schwefel, 1 T. Schellack, 1 T. Kienruß. Zur Herstellung von Sprengpulversorten: Kohlenkarbonit: 25% Nitroglyzerin, 34% Kalisalpeter, 1% Bariumnitrat, 38,5% Weizenmehl, 1% Lohmehl, 0,5% Soda (sicherster Sicherheitssprengstoff). Wittenberger Wetterdynamit: 25% Nitroglyzerin, 34% Kalisalpeter, 1% Bariumnitrat, 38,5% Roggenmehl, 1% Holzmehl, 0,5% Natriumbikarbonat. Lithofracteur: 54% Nitroglyzerin, 15% Bariumnitrat, 17% Kieselgur, 2% Holzmehl, 1% Kleie, 7% Schwefel, 2% Braunstein, 2% Soda. — Zur Herstellung von rostfreien Zündsätzen an Stelle des rosterzeugenden Kaliumchlorats: z. B. 35,0% Bariumnitrat, 30% Knallquecksilber, 25,0% Schwefelantimon, 6,0% Bariumkarbonat, 4,0% Glaspulver (Ziegler, DRP. 122389, Österr. P. 7074).

Deutsche Ein- und Ausfuhr von Bariumnitrat nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	22	—	745	—
1908	15	5	516	165
1909	0,4	0	613	196
1910	—	—	987	306
1911	2,2	1	928	285
1912	3,0	1	798	264
1913	13,2	4	1310,9	439

Von der Einfuhr 1913 stammten 13,1 t aus Holland. Ausgeführt wurden: Nach Großbritannien 211,0 t, nach den Vereinigten Staaten: 607,8 t.

Preise: Bariumnitrat, % kg M.
raffin. krist. für Feuerwerkerei . 42,00
„ „ Pulver „ . 43,00
chem. rein, krist. 65,00
„ „ Pulver 70,00

Bezugsquellen: Bariumoxydgesellschaft m. b. H., Hönningen a. Rh.; Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Opladen, GmbH., Opladen; Byk-Guldenwerke, chem. Fabrik AG., Berlin NW 7; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; Traine u. Hellmers, Cöln a. Rh. — Anlagen zur Herstellung von Bariumnitrat richtet ein: L. A. Bühler, Berlin-Dahlem, Humboldtstr. 7.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bariumoxyd, lat.: baryum oxydatum; frz.: oxyde de baryte; engl. oxide of barium. Chem. Zus.: BaO. Mol.-Gew. 153,4. Ba: 89,57%, O: 10,43%. Grauweiße bis farblose poröse Masse oder mikroskopisch kleine durchsichtige, verfilzte Nadeln vom spez. Gew. 5,72. Beim Erhitzen wird es erst bei etwa 2000° verflüssigt. Nichtleiter des elektr. Stromes. Bariumoxyd besitzt ätzenden alkalischen Geschmack, es ist giftig. In geschmolzenem Alkali ist Ätzbaryt etwas löslich. Mit Wasser bildet es unter starker Wärmeentwicklung Bariumhydroxyd. Bariumoxyd wird von trockenem Schwefeltrioxyd nicht, von Schwefeldioxyd nur langsam angegriffen. Chlorgas und Chlorwasserstoff bilden Bariumchlorid. Beim Überleiten von Sauerstoff entsteht Bariumsuperoxyd. In Säuren zu Bariumsalzen löslich. Bariumoxyd verbindet sich mit Alkohol und Zucker. 100 ccm Wasser lösen bei 15° C: 2,8 g, bei 100°: 140 g Bariumoxyd.

Verwendung: Dient zur Herstellung von Bariumsuperoxyd durch mehrstündiges Überleiten von trockener kohlensäurefreier Luft bei dunkler Rotglut (etwa 700° C).

Preise: Bariumoxyd,
techn. . . . . % kg M. 120,00
gereinigt 1 kg M. 3,30 % „ „ 300,00
chem. rein . . . . . 1 „ „ 6,00

Bezugsquellen: Bariumoxydgesellschaft m. b. H., Hönningen a. Rh.; Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer AG., Grünau (Mark); Chem. Fabrik Opladen, GmbH., Opladen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u.

Ebell, Linden vor Hannover; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bariumplatinzyanür s. Platin 3.

Bariumsulfat, Schwerspat, Barytweiß, Permanentweiß, Blank fix, Mineralweiß, Neuweiß (s. a. Farbstoffe I, 6); lat.: baryum sulfuricum; frz.: sulfate de baryte, blanc fixe; engl.: sulphate of barium. Chem. Zus.: $BaSO_4$. Mol.-Gew. 233,46. BaO: 65,71%; SO_3: 34,29%. Weißes amorphes Pulver vom spez. Gew. 4,53. Als Schwerspat rhombische Kristalle. Bei sehr hoher Temperatur sintert Bariumsulfat zu einer weißen Masse zusammen, die nach dem Anfeuchten infolge geringen Schwefeltrioxydverlustes alkalisch reagiert. Schmelzp. etwa 1600°. Fluoresziert in Röntgen- oder Becquerelstrahlen und leuchtet im Kathodenlicht sehr stark. Beim Glühen mit Wasserstoff, Kohlenoxyd, Kohlenstoff oder Schwefel wird es zu Baryumsulfid reduziert. Mit Wasserdampf und Kohlenoxyd zugleich erhitzt, entsteht Bariumoxyd wobei Kohlensäure und Schwefelwasserstoff entweichen. Schwefelchlorür oder Salzsäuregas wandeln es bei Kirschrotglut völlig in Bariumchlorid um. Eisenfeile reduziert ebenfalls zu Bariumsulfid. Kohlenstoff und Kalziumchlorid bewirken Umsetzung zu Bariumchlorid. Durch Erhitzen mit einem Überschusse von Alkalikarbonat wird Bariumsulfat vollständig in Bariumkarbonat und Alkalisulfat umgesetzt. Bariumsulfat ist in Wasser unlöslich. 1 L Wasser von 18° C löst 2,3 mg gefälltes Bariumsulfat oder 2,7 mg Schwerspat. In Lösungen von Wasserstoffsuperoxyd und Natriumthiosulfat ist es nicht unwesentlich löslich.

Zur Untersuchung von Bariumsulfat schließt man das feine Pulver durch Glühen mit Alkalikarbonat auf, laugt das gebildete Bariumkarbonat gut aus und wäscht, bis die letzten Reste von Alkalisulfat entfernt sind. Das Bariumkarbonat wird in Salzsäure gelöst und die heiße Lösung mit verd. heißer Schwefelsäure als Bariumsulfat gefällt.

Verwendung: Als Schwerspat zu Belastungen, zur Herstellung von Bariumverbindungen, z. B. durch Schmelzen mit Kohlengrieß und Kalziumchlorid entsteht Bariumchlorid, von Lithopon. Gefälltes Bariumsulfat wird verwendet als Permanentweiß als Ersatz für Bleiweiß, zum Füllen von Papier, zur Herstellung von Barytgelb (Chromgelb) durch Umsetzung frisch gefällten Bariumsulfats mit einem löslichen Chromsalz; von Barytporzellan durch Glühen von Bariumsulfat und Zusammenfritten mit Alkalisulfaten unter Zusatz von Tonerde, von Bologneser Leuchtsteinen durch Reduktion eisenfreien Bariumsulfats mit Wasserstoff und etwas kohlenstoffhaltigen Substanzen.

Deutschlands Außenhandel an Bariumsulfat (Barytweiß):

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	2,4	—	8454	—
1908	2,9	0	5191	441
1909	13,3	1	4888	415
1910	17,7	2	5528	470
1911	5,8	1	6834	830
1912	6,8	1	8242	936
1913	5,3	0	7647	923

Von der Ausfuhr 1913 gingen: Nach Frankreich 975,7 t, nach Großbritannien 1723,1 t, nach den Ver. Staaten: 2420,8 t.

Preise: Bariumsulfat, % kg M.
gefällt, techn. entwässert 16,00
doppelt raffin., entwässert 40,00
chem. rein, Teigform 58,00
„ „ fest 100,00
Barytweiß, gefällt, Teigform Ia . 24,00
IIa . 10,00
Schwerspat, weiß, ff. gemahlen 4,00—5,00
„ gelblich . . . . . 2,00—3,00

Bezugsquellen: Chem. Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin N 39; Chem. Fabrik Coswig-Anhalt, GmbH., Coswig (Anhalt); Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer, AG., Grünau bei Berlin; Chem. Fabrik Hönningen, vorm. Messingwerk Reinickendorf, R. Seidel, AG., Hönningen a. Rh.; Deutsche Barytindustrie Dr. Rud. Alberti, Bad Lauterberg i. Harz; Carl Dicke, Barmen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Harkortsche Bergwerke und chem. Fabriken zu Schwelm u. Harkorten, Gotha. Blank fix (gefälltes Barytweiß): Wilhelm Haufe, Leipzig; Carl Raspe, Berlin-Weißensee; Reimbold u. Strick, GmbH., Cöln a. Rh., Gereonshaus. Anlagen zur Herstellung von Bariumverbindungen: F. A. Bühler, Ing., Berlin-Dahlem, Humboldtstr. 7; Rudolf Heinz, GmbH., techn. Büro, Hannover; Willy Manger, Ingenieurgesellschaft m. b. H., Dresden 21; Otto Krueger, vorm. G. Krueger, Biebrich a. Rh.

Literatur:
Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie, **2**, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.
Ed. Schenk.

Bariumsuperoxyd, lat.: baryum hyperoxydatum; frz.: peroxyde de baryte; engl. peroxide of barium. Chem. Zus.: BaO_2. Mol.-Gew. 169,4. BaO: 90,56%, O: 9,44%. Weißes amorphes Pulver vom spez. Gew. 4,958, technisches Bariumsuperoxyd ist eine graue oder grünliche Masse. Sintert bei heller Rotglut und schmilzt unter Abgabe von Sauerstoff, der in Blasen aus der Masse entweicht. Es hinterbleibt schließlich Bariumoxyd. Wasserdampf reduziert Bariumsuperoxyd zu Bariumhydroxyd, ebenso Ammoniak. Mit Chlorgas entsteht Bariumchlorid und ozonfreier Sauerstoff, mit Kohlensäure erhitzt entweicht Sauerstoff und hinterbleibt Bariumkarbonat. Kohlenoxyd zersetzt lebhaft. Kohlenstoff, Bor, Schwefel, Phosphor reduzieren beim Erhitzen. Bariumsuperoxyd ist in Wasser unlöslich. In verdünnten Säuren bildet es Wasserstoffsuperoxyd und Bariumsalz. Konz. Schwefelsäure entwickelt aus ihm ozonhaltigen Sauerstoff. Konz. Salzsäure bildet Bariumchlorid und Chlorgas. Aufgeschlämmtes Bariumsuperoxyd gibt mit Sodalösung Natriumsuperoxyd und Bariumkarbonat. Mit Salmiak entwickelt BaO_2 Ammoniak und Sauerstoff: $BaO_2 + 2NH_4Cl = BaCl_2 + 2NH_3 + H_2O + O$. Mit Eisenchlorid entsteht ebenfalls Sauerstoff: $6BaO_2 + 4FeCl_3 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6BaCl_2 + 3O_2$. Ähnlich wirken Mangan-, Chrom-, Aluminium-, Kobalt- und Nickelsalze. Edelmetallsalze mit Ausnahme von Platinchloridchlorwasserstoffsäure werden unter lebhafter Sauerstoffentwicklung zu Metall reduziert. Kupfersalze erzeugen mit BaO_2 einen lebhaften Sauerstoffstrom, ohne hierbei reduziert zu werden. Ferrizyankalium gibt mit BaO_2 ebenfalls Sauerstoff neben Kaliumbariumferrizyanid, $K_2BaFe_2(CN)_{12}$. Zur Reinigung käufl. Superoxyds, das stets noch Oxyd enthält, verreibt man es mit Wasser zu einem Brei und trägt diesen allmählich in verdünnte Salzsäure ein, bis diese fast neutralisiert ist. Zur klaren Lösung, die Bariumchlorid und Wasserstoffsuperoxyd enthält, fügt man überschüssiges Barytwasser. Dabei scheidet sich Bariumsuperoxydhydrat, Peroxyde hydraté de baryte, hydrated peroxide of barium, $BaO_2.8H_2O$ in perlglänzenden Schuppen oder mikroskopischen Blättchen aus, die an der Luft unter Abgabe von Kristallwasser verwittern und alkalisch reagieren. Bis 130° entweicht nur Wasser, bei raschem Erhitzen entwickelt es Sauerstoff unter Zurücklassung von Bariumhydroxyd. Unlöslich in Alkohol, Äther, Azeton, wenig löslich in kaltem Wasser. Mit H_2O_2 entsteht die Doppelverbindung $BaO_2.H_2O_2$. Gewöhnl. Verunreinigungen: BaO, Al_2O_3, SiO_2.

Verwendung: Bariumsuperoxyd dient zur Herstellung von Sauerstoff (Erhitzen auf 800°), von Wasserstoffsuperoxyd, als Oxydationsmittel, als Zusatz zu Lithopon, zum Bleichen von Benzinknochenfett (DRP. 222669) und Ölen: 1000 Tl. Fett werden mit 10—15 Tl. Bariumsuperoxyd verrührt und auf 90—95° angewärmt, bis das Fett genügend hell ist. Bariumsuperoxyd dient zur Herstellung von „Autan" zur Desinfektion von Räumen (Bariumsuperoxyd, polymerisierter Formaldehyd mit indifferentem Zusatz, z. B. von Soda s. Desinfektionsmittel 36), zum Bleichen von Leder an Stelle von Wasserstoffsuperoxyd oder Kaliumpermanganat mit Schwefelsäure.

Deutscher Außenhandel in Bariumsuperoxyd:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	105	—	512	—
1908	81	57	565	397
1909	170	119	777	544
1910	141	91	850	552
1911	59	32	1456	783

	1914	1918
Preise: Bariumsuperoxyd,	%	kg M.
80—85% BaO_2	60,00	100,00
chem. rein, wasserfrei . .		150,00
Bariumsuperoxydhydrat, techn.	120,00	
„ chem. rein	190,00	

Bezugsquellen: Bariumoxydgesellschaft m. b. H., Hönningen a. Rh.; Barytwerke, GmbH., Magdeburg-N; Chem. Fabrik Coswig-Anhalt, GmbH., Coswig (Anhalt); Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer, AG., Grünau (Mark); Chem. Fabrik Opladen, GmbH., Opladen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; Karl Raspe, Weißensee bei Berlin; Traine u. Hellmers, Cöln a. Rh.

Literatur:
Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.
Ed. Schenk.

Barusin s. Steine V, N.
Baryl s. Steine V, A, 6.
Barytgelb s. Farbstoffe I, 5.
Barythydrat s. Bariumhydroxyd.
Barytpapier s. Photogr. Mat. E.
Barytweiß s. Bariumsulfat u. Farbstoffe I, 6.
Basalt s. Steine II, X, 14.
Basaltin s. Steine III, 8, C.
Basaltinplatten s. Steine V, B, 6.
Basaltoidplatten s. Steine V, B. 6.
Basanit s. Steine II, X, 14.
Baselergrün s. Farbstoffe I, 51.
Basilit s. Desinfektionsmittel 25, 93.
Basol s. Desinfektionsmittel 103.
Bassorin s. Kitte 5.
Bastgarn s. Textilien B, III, 13.
Bathmetall, weißes, s. Legierungen I, b, 3.
Batist s. Textilien C, II, 4.
Baukitte s. Kitte 8.
Baumöl s. Fette II, B, 8.
Baumwolle s. Textilien A, II, a, 1; B, III, 2; C, II, 2.
Baumwollöl, -ölsatz, -saatöl s. Fette II, B, 1.
Baumwollsaatölkonstanten s. Fette II, A.
Baumwollsamenöl s. Fette II, B, 1.
Baumwollstearin s. Fette II, B, 1.
Bausteine s. Steine II.
Bauxitsteine s. Steine V, A, 4.
Bavariamaste s. Steine V, C, 13.
Bavarol s. Desinfektionsmittel 103.
Bayeogarne s. Textilien B, IV, 20; Plast. Massen 2.
Bazillol s. Desinfektionsmittel 103, 105.
Beecksche Anstrichfarbe s. Steine V, M.
Begußfarben s. Farbstoffe II, A, 1.
Beilstein s. Steine I, 17.
Bein s. Horn 3.
Beinschwarz s. Farbstoffe I, 81, a.
Benediktnickel s. Legierungen II, a.
Bengalische Feuer s. Sprengstoffe VI, b, α; s. a. Antimontrisulfid, Bariumnitrat, Kaliumchlorat.
Benzaldehyd s. Aldehyde 3.
Benzapol s. Fette II, F.

Benzidin, Tolidin und **Dianisidin:**

1. Benzidin (p-, p-Diaminodiphenyl) $NH_2.C_6H_4.C_6H_4.NH_2$. Mol. Gew. 184,2.

Darstellung: Man geht vom Nitrobenzol aus, das man in alkalischer Lösung mit Zink reduziert. Das so erhaltene Hydrazobenzol wird durch Salzsäure in Benzidin umgelagert, daraus mittels Glaubersalz oder Schwefelsäure Benzidinsulfat hergestellt und durch Alkali die freie Base isoliert.[1]) Benzidin kann auch auf elektrolytischem Wege dargestellt werden.[2])

Eigenschaften: Benzidin bildet aus Wasser große seidenglänzende Blätter. Das reine Produkt ist farblos, während das Handelsprodukt grau oder rötlich gefärbt ist. Schmp. 122°. Es siedet über 360° unter teilweiser Zersetzung. 1 Teil Benzidin löst sich in 2447 Teilen Wasser von 12° und in 106,5 Teilen Wasser von 100°. Es löst sich in 45 Teilen absolutem Äther und ist leicht löslich in Alkohol.

Salze: Das Sulfat $C_{12}H_{12}N_2.H_2SO_4$ bildet glänzende kleine Schuppen, die in kochendem Wasser und in Alkohol fast unlöslich sind. Das Dichlorhydrat $C_{12}H_{12}H_2.2HCl$ kristallisiert in Blättchen. In Wasser ist es leicht löslich. Aus der wäßrigen Lösung wird es durch Salzsäure ausgefällt. Beim Kochen mit Wasser geht es in das in Wasser schwerlösliche Monochlorhydrat (Nadeln) über. Mit salpetriger Säure entsteht die Tetrazoverbindung.

Prüfung:[3]) Das schwer lösliche schwefelsaure Salz stellte früher in Form einer Paste das Handelsprodukt dar. Jetzt wird die freie Base in den Handel gebracht.

Quantitativ wird Benzidin durch Titration mit Natriumnitrit bestimmt. Benzidinsulfat wird mit Natronlauge titriert unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator.[4])

Verwendung: Benzidin hat eine sehr große Bedeutung zur Herstellung von Azofarbstoffen, die substantive Baumwollfarbstoffe sind. Auch die Derivate des Benzidins haben für die Farbstoffchemie großen Wert, z. B. o-Dichlorbenzidin, o-Nitrobenzidin, Benzidinmonosulfonsäure, Benzidindisulfonsäure.

Preise:

Benzidinbase technisch			1 kg	5,— M.
Benzidin chem. rein	100 g	4,80	1 „	44,— „
Benzidinsulfat technisch			1 „	5,— „
Benzidinsulfat rein	100 g	4,20	1 „	38,— „
Benzidinsulfat (63½%) Teigform			1 „	2,30 „
			100 „	195,— „

Bezugsquellen: Akt.-Ges. für Anilin-Fabrikation, Berlin. Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning, Höchst a. M. Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Leverkusen. Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen. Leopold Cassella & Co., Frankfurt a. M. Chem. Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M. Weiler-ter-Meer, Uerdingen a. Rh. Wülfing, Dahl & Co., Barmen.

Literatur:

Allgemeine:
G. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, **1**, 93f.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie, **2**, 316.
Bes. Hinweise:
1. G. Schultz, Chemie des Steinkohleuteers, **1**, 93f.
2. DRP. 116467, 122046. Ber. chem. Ges. **33**, 2329 (1900).
3. Lunge-Berl, **4**, 630f.
4. Chem. Ztg. 30, 721 (1906).

2. o-Tolidin $(CH_3.C_6H_3.NH_2)_2$ (1:3:4). Mol. Gew. 212,2.

Darstellung: Durch Reduktion in alkalischer Lösung von o-Nitrotoluol mittels Zinkstaub zu o-Hydrazotoluol und Umlagerung desselben mittels Säure in o-Tolidin.

Eigenschaften: o-Tolidin bildet glänzende, meist etwas bräunlich gefärbte Blättchen vom Schmp. 128°. Es löst sich in 7000 Teilen kaltem und in 300 Teilen kochendem Wasser. Mit salpetriger Säure erhält man eine Tetrazoverbindung.

Prüfung:[1]) Das schwerlösliche Sulfat stellte früher in Form einer Paste das Handelsprodukt dar. Jetzt wird die freie Base in den Handel gebracht. o-Tolidin soll nicht unter 120° schmelzen. Die Bestimmung des o-Tolidinsulfats erfolgt durch Titration mit Natronlauge.[2]) Vgl. im übrigen das bei Benzidin Gesagte.

Verwendung: o-Tolidin dient zur Darstellung einer großen Anzahl wichtiger Azofarbstoffe, z. B. der Benzopurpurine.

Preise:
o-Tolidin technisch . . . 1 kg 6 M.
o-Tolidin rein . . . . . 1 kg 14 M.

Bezugsquellen: Vgl. unter Benzidin.

Literatur:

Allgemeine:
G. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, **1**, 95f.
Bes. Hinweise:
1. Lunge-Berl, **4**, 630.
2. Chem. Ztg. 30, 721, 1906.

3. o-Dianisidin (4,4-Diamino-3,3-dimethoxydiphenyl), $C_{12}H_6(OCH_3)_2(NH_2)_2$. Mol. Gew. 244,2.

Darstellung: Durch Reduktion von o-Nitroanisol in alkalischer Lösung mittels Zinkstaub zu Hydrazoanisol und Umlagerung mittels Salzsäure zu o-Dianisidin.[1])

Eigenschaften: o-Dianisidin bildet aus verdünntem Alkohol farblose Blättchen vom Schmp. 137—138°, die sich an der Luft violett färben. Es ist wenig löslich in heißem Wasser, kaum in kaltem, leicht in Alkohol, Äther, Benzol, sehr leicht in Chloroform und Azeton. Mit salpetriger Säure liefert es eine Tetrazoverbindung, die als Azophorblau D in haltbarer Form in den Handel kommt.[2]) Diese stellt ein dunkelgraubraunes Pulver dar, das aus dem Diazoniumsulfat und Tonerdesulfat besteht und zum Gebrauch einfach in Wasser gelöst und filtriert wird. Salze: Das Chlorhydrat bildet Prismen, die in Wasser leicht, in Alkohol sehr schwer löslich sind. Beim Kochen mit Wasser bildet sich ein schwer lösliches basisches Salz. Das Sulfat $C_{14}H_{16}O_2N_2.H_2SO_4$ bildet Nadeln aus Wasser.

Verwendung: o-Dianisidin liefert eine Reihe wertvoller Azofarbstoffe, wie Benzopurpurin 10 B, Benzoazurine u. a. m.

Preise: o-Dianisidin technisch 1 kg 22 M.

Bezugsquellen: s. Benzidin.

Literatur:

Allgemeine:
G. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, **1**, 164f.
Bes. Hinweise:
1. G. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, **1**, 164. DRP. 38803 (Bayer).
2. Heumann, Die Anilinfarben und ihre Fabrikation, Braunschweig 1900 3, II, 1168. DRP. 85387 (Höchst).

H. Schladebach.

Benzin s. Fette I, 2.
Benzinoform s. Tetrachlorkohlenstoff.
Benzinseifen s. Fette I, 2.
Benzoe s. Harze A, 2.

Benzoesäure: lat.: acidum benzoicum; franz.: acide benzoique; engl.: benzoic acid.

Chemische Zusammensetzung: C_6H_5COOH. Mol. Gew. 122,1.

Benzoesäure findet sich in vielen natürlichen Harzen und Balsamen, so im Benzoeharz, im Peru- und Tolubalsam. Sie findet sich im Waldmeister und in den Preißelbeeren. Im Harn der Pflanzenfresser kommt sie in Form von Hippursäure vor.

Darstellung: Ein geringer Teil der Benzoesäure, die offizinelle Säure, wird noch heute aus Benzoeharz gewonnen. Die meiste Benzoesäure wird künstlich aus Toluol hergestellt. Diese wird durch Chlorierung in Benzotrichlorid und durch Verseifen mit Kalkwasser unter Zugabe von Eisenpulver in Benzoesäure übergeführt: $C_6H_5.CCl_3 + 2H_2O = C_6H_5.COOH + 3HCl$.[1]) Das Verfahren liefert eventuell chlorhaltige Produkte aus Verunreinigungen des Benzotrichlorids durch im Benzolkern chlorierte Produkte. Ein völlig chlorfreies Produkt erhält man durch direkte Oxydation (hauptsächlich Braunstein und Schwefelsäure) von Toluol: $C_6H_5.CH_3 + 3O = C_6H_5COOH + H_2O$.[2]) wobei man je nach den Reaktionsbe-

dingungen entweder Benzaldehyd oder Benzoesäure als Hauptprodukt erhalten kann.

Eigenschaften: Benzoesäure bildet monokline glänzende Nadeln oder Blättchen. Nicht ganz reine Benzoesäure (z. B. solche, die durch Chlorbenzoesäure verunreinigt ist) erhält man nicht in langen Nadeln, sondern als eine kleinblättrige Kristallmasse. Schmp. 121,4°. Bei Anwesenheit von geringen Verunreinigungen schmilzt die Benzoesäure bereits in kochendem Wasser. Siedep. 249°. Benzoesäure sublimiert schon bei 100°. Ihre Dämpfe reizen zum Niesen und Husten. Löslichkeiten:[3])

100	Teile	Wasser	von 25°	lösen	0,3	Teile Benzoesäure
100	„	„	„ 100°	„	5,0	„ „
100	„	Alkohol	„ 15°	„	46,68	„ „
100	„	„	„ 78°	„	93,38	„ „
100	„	Äther	„ 15°	„	31,35	„ „

} Die unreine Benzoes. ist in Wasser leichter lösl.

Benzoesäure ist mit Wasserdämpfen flüchtig, 1 g destilliert mit 2 L Wasser.[3]) Sie ist eine ziemlich starke Säure, ihre Salze, die Benzoate, sind zum Teil (vor allem die Alkalisalze) in Wasser sehr leicht löslich. Benzoesäure wirkt gärungs- und fäulniswidrig und temperaturherabsetzend.

Prüfung:[4]) Die Handelsbenzoesäure enthält häufig Chlorbenzoesäure (Nachweis des Chlors durch Glühen mit einem Stückchen Natrium). Benzoesäure soll farblos sein und sich ohne Rückstand verflüchtigen. In kochendem Wasser, in Benzol, Äther usw. soll sie sich ohne Rückstand lösen. Sie muß ferner den richtigen Schmelzpunkt besitzen.

Quantitative Prüfung: Man löst 1 g Benzoesäure in 10 ccm n-Natronlauge, verdünnt mit 40 ccm Wasser und titriert unter Verwendung von Phenolphtalein als Indikator mit Normalsalzsäure zurück. 1 ccm verbrauchte normale Lauge entspr. 0,12206 g Benzoesäure.

Verwendung: Benzoesäure wird verwendet bei der Darstellung von Anilinblau, zur Herstellung von Antrachinonfarbstoffen (z. B. Anthracenbraun) usw. In der Medizin wird die aus Harz gewonnene Benzoesäure verwendet. Beträchtliche Mengen von Benzoesäure dienen zum Konservieren von Nahrungsmitteln[5]) (s. a. Desinfektionsmittel, 31). Sie wird als Beimischung zu Tabaksossen und in der Zeugdruckerei benutzt. Sie dient zur Darstellung von Benzoylchlorid und Benzoesäureanhydrid. Benzoesäuremethylester (Niobeöl) und Benzoesäureäthylester, werden als Fruchtäther und zu Parfümeriezwecken verwendet. Benzoesäure dient zur Herstellung von Chlorbenzoesäuren, die aber keinen technischen Wert besitzen, von Nitrobenzoesäuren, die zur Herstellung der entsprechenden Aminobenzoesäuren dienen. o-Aminobenzoesäure (Anthranilsäure) dient zur Darstellung von künstlichem Indigo, Thioindigorot und Azofarbstoffen und zur Darstellung von Thiosalizylsäure. Anthranilsäuremethylester wird in der Parfümerie verwendet. m-Aminobenzoesäure dient zur Darstellung von Azofarbstoffen. p-Aminobenzoesäure dient ebenfalls zur Darstellung von Azofarbstoffen. Ihre Ester werden in der Medizin als Anästhetika verwendet, z. B. der Äthylester als Anästhesin. Von den Sulfoderivaten dient die m-Sulfobenzoesäure zur Herstellung von m-Oxybenzoesäure. Von den Oxybenzoesäuren ist vor allem von Bedeutung die o-Oxybenzoesäure oder Salizylsäure (s. d). Die m-Oxybenzoesäure wird für Azofarbstoffe gebraucht. Von den Poly-Oxybenzoesäuren sei die Protokatechusäure erwähnt, ferner die α- und β-Resorzylsäure, die für Azofarbstoffe Verwendung finden und die Gallussäure, die zur Darstellung von Pyrogallol, von Farbstoffen, als Heilmittel und zur Herstellung von Gallustinten gebraucht wird. Erwähnt sei noch das Benzoesäuresulfinid (Saccharin) $C_6H_4CO.SO_2.NH$, das als künstlicher Süßstoff dient.

Preise:

Benzoesäure aus Harz subl. weiß	1 kg	7,20 M.
Benzoesäure aus Harn dopp. subl. weiß	1 „	10,— „
Benzoesäure DAB. 5	1 „	15,— „
Benzoesäure aus Toluol	1 „	3,20 „
	100 „	300,— „

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen a. Rh. Chem. Fabrik von Heyden, Radebeul. E. de Haen, Seelze b. Hannover. Dr. Kulenkampff & Co., Magdeburg. Lehmann & Voß, Hamburg. Gustav H. Petersen G. m. b. H., Berlin C 25. Ringe & Kuhlmann G. m. b. H. Hamburg. Chem. Fabrik Griesheim-Elektron Frankfurt a. M. E. Merck, Darmstadt. Dr. Krüger & Sommerfeld, Cassel. Saccharinfabrik A.-G. vorm. Fahlberg, List & Co., Magdeburg SO. Benzoesäureester: Chem. Fabrik Flörsheim, Dr. H. Nördlinger, Flörsheim

Untermain. C. Erdmann, Chem. Fabrik, Leipzig-Lindenau.

Statistisches: Die Einfuhr von Salizylsäure und salizylsaurem Natron, Santonin, Benzoesäure und benzoesaurem Natron betrug 1913:

	t	im Werte von M.
	69	3 155 000
davon aus Rußland	15	3 045 000
Die Ausfuhr betrug	1284	4 631 000
davon nach		
Großbritannien	216	949 000
Ver. St. v. Amerika	267	1 091 000

Literatur:

Allgemeine:
Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, **1**, 299ff.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie **2**, 325ff.
Bes. Hinweise:
1. DRP. 82 927 u. 85 493.
2. DRP. 216 091 u. 261 775, DRP. 101 221 u. 107 722 (Monnet), FP. 276 250, DRP. 175 295 (BASF.), F. Raschig, Chem. Ztg. **24**, 446 (1900).
3. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, **1**, 270.
4. Lunge-Berl, **3**, 940, **4**, 644.
5. Chem. Ztg. 1909 181, 1911 1297, 1314. Pharm. Zentrh. 1911, 1109.

H. Schladebach.

Benzol s. Steinkohlenteer 4, 7.
Benzolina Schallehn s. Steine V, M.
Bergbalsam s. Fette I, 1.
Bergblau s. Farbstoffe I, 54; Steine I, 2.
Berggrün s. Farbstoffe I, 53; Steine I, 15.
Bergkreide s. Farbstoffe I, 50.
Bergkristall s. Steine I, 4; II, B, 5.
Bergmahagoni s. Steine I, 18.
Bergöl s. Fette I, 1.
Bergpech s. Fette I, 1.
Bergrot s. Farbstoffe I, 68.
Bergteer s. Fette I, 1.
Bergzinnober s. Farbstoffe I, 100.
Berlinerblau s. Farbstoffe I, 7; **-rot** 29, 31; **-weiß** 17.
Bernstein s. Harze A, 3; Steine I, 3; — schwarzer s. Steine I, 9.
Bernsteinkolophonium s. Steine I, 3.
Bernsteinlack s. Firnisse 3.
Bernsteinöl s. Steine I, 3.

Beryllium und Berylliumnitrat. Der Name stammt vom Mineral Beryll, einem Beryllium-Aluminiumsilikat. Der gemeine Beryll ist trübe grünlichweiß oder gelblich und kristallisiert in hexagonalen Säulen von großer Dicke und beträchtlicher Längenausdehnung. Hauptvorkommen: Ural und Nord-Amerika. Die edlen durchsichtigen rein grünen Varietäten heißen Smaragd, die wasserblauen Aquamarin. Das Wort *βήρυλλος* findet sich schon bei Theophrast und Plinius. Von Beryll leitet sich das Wort Brille her. Wie zahlreiche Zeugnisse aus dem Mittelalter und erhaltene Stücke zeigen, schliff man die durchsichtigen Varietäten des Halbedelsteines in Reliquienbehälter ein, um den Inhalt sichtbar zu machen. Es hat dies um 1300 zur Erfindung der Brille geführt[1]). Der Name, der dem Berylliumoxyd, das 1789 durch Vauquelin entdeckt wurde, gegeben wurde, war „Glycine" (griechisch: *γλυκύς* = süß), weil die Salze des Berylliums schwach süßen Geschmack haben. Daher wird das Metall in Frankreich noch heute Glycinium genannt.

Chemisches Element, Metall.

Atomgewicht[2]) 9,1, Zeichen: Be, in Frankreich: G oder Gl.

Kristallform, Wahrscheinlich hexagonal.

Struktur: Bei der Darstellung durch Schmelzelektrolyse bilden sich sechsseitige Blättchen, die sich leicht zusammenpressen lassen[3]). Auf aluminothermischem Wege erhält man das Metall in Form eines auf dem Bruche kristallinischen Regulus[4]).

Jedes Partikelchen umhüllt sich an der Luft sofort mit einer Oxydhaut, die das direkte Zusammenschmelzen des Metalls verhindert. Durch Zusammenpressen des Metallpulvers wird es von dieser Haut befreit und kann dann in Wasserstoffatmosphäre regulinisch zusammengeschmolzen werden[5]).

Schmelzpunkt[6]): 1278° ± 5°.

Siedepunkt: Nicht bestimmt. Die Verflüchtigung findet bei 1530° in verdünntem Wasserstoff allmählich statt. Das Metall kondensiert sich in glänzenden Tröpfchen oder Kriställchen[7]).

Dichte: $D^{20}/_{20} = 1{,}842$[5]); $D_{15} = 1{,}73$[3]); $D_{17,7} = 1{,}611$[4]). Die Dichte wird stark erhöht durch die Oxydhaut. (BeO : D = 3,0), ebenso durch einen geringen Gehalt an Aluminium D = 2,7).

Atomvolumen: 4,94[5]); 5,6[4]).

Spezifische Wärme: Zwischen 0° und 100°: 0,408; steigt mit der Temperatur stark an: Bei 300° 0,59; bei 400° 0,617; bei 500° 0,62[8]).

Atomwärme: Bei gewöhnlicher Temperatur abnorm niedrig. Bei 500° 5,7.

Schmelzwärme: Berechnet nach der Cromptonschen Regel:

$$\frac{\text{Atomgewicht} \times \text{Schmelzwärme}}{\text{Absolute Schmelztemperatur}} = 2:$$

341 cal für 1 g. Beryllium besitzt also von allen Metallen die größte Schmelzwärme[6]).

Härte: 6—7 (Mohs-Skala), geschmolzen. Ritzt Glas[5]).

Duktilität: Bei gewöhnlicher Temperatur ist das geschmolzene Metall nach Fichter[5]) spröde und zerfällt beim Hämmern. Bei höherer Temperatur wird es duktil. Nach Engelhard[4]) läßt es sich gut hämmern, schmieden, walzen und feilen.

Farbe des frisch gefeilten Metalls stahlgrau[5]). Kleinere Kügelchen können auch silberweiß erscheinen[4]).

Spektrum: Gehört zu den linienärmsten, aber noch am wenigsten bekannten Spektren. Es ist schwer zu erzeugen. Im elektrischen Lichtbogen verdampft, ergeben Beryllium und seine Verbb. ein Spektrum mit 9 Linien im violetten und ultravioletten Teile. Außerdem entsteht ein Bandenspektrum[9]).

Elektrische Leitfähigkeit: $5.41.10^4$ bei 20° (Leitf. des Zentim.-Würfels in rezipr. Ohm). Sie beträgt also rund ein Zwölftel von der des Kupfers[5]).

Chemisches Verhalten: An der Luft umhüllt sich das Metall mit einer leichten Oxydhaut, ist dann aber bei gewöhnlicher Temperatur beständig. Das Verhalten beim Erhitzen an der Luft hängt von der Verteilung ab; auf jeden Fall verwandelt es sich von der Oberfläche aus mehr oder weniger schnell in Oxyd. In feiner Verteilung verbrennt es im Sauerstoff mit glänzender Lichterscheinung[3])[4]). Bei 1000—1100° nimmt es Stickstoff auf unter Bildung des Nitrids Be_3N_2, ebenso reagiert es mit Ammoniak. Ein kristallisiertes Karbid Be_2C entsteht durch Reduktion des Oxyds mit Kohle im elektrischen Ofen; auch dieses geht mit Stickstoff oder Ammoniak erhitzt in Nitrid über[7]).

Gegen Wasser ist Beryllium sehr beständig; doch ist die Widerstandsfähigkeit auf die nie fehlende Oxydhaut zurückzuführen. Gegen wäßrige Säuren verhält sich Beryllium im allgemeinen wie Aluminium. Es ist wie dieses unlöslich in konz. kalter Salpetersäure. Heiße Salpetersäure löst sofort, ebenso Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure. Heiße konz. Schwefelsäure löst unter Entwicklung von schwefliger Säure. Gegen Alkalien ist das Metall widerstandsfähiger als Aluminium. Bei hoher Temperatur wird es von geschmolzenem Ätzkali merklich angegriffen, verdünnte Laugen greifen nur langsam und in der Wärme, konzentrierte schon in der Kälte an. Aus den Lösungen vieler Schwermetalle fällt das Beryllium, indem es sich löst, diese Metalle aus[4])[5]).

Aus den wäßrigen Lösungen seiner Verbb. läßt sich das Metall nicht abscheiden; durch Magnesium wird es aus dem Oxyd nicht reduziert, im Gegenteil reduziert Beryllium Magnesiumoxyd[7]). Durch Aluminium kann es bei möglichst hoher Steigerung der Temperatur unter Zusatz von Kaliumchlorat oder Perchlorat und gleichzeitiger Außenheizung aluminothermisch gewonnen werden[4])[10]). Der gewöhnliche Weg zur Darstellung beruht auf der Schmelzelektrolyse der Natriumdoppelfluoride[3])[5]).

Legierungen mit Aluminium, Kupfer, Silber und Eisen, Struktur und thermisches Verhalten[6])[11]).

Verbindungen: Das Oxyd schmilzt sehr hoch[12]), ungefähr bei 2500°. Die Salze des Berylliums sind im allgemeinen in Wasser leicht löslich, farblos und gut kristallisiert. Sie zeichnen sich durch einen süßlich-bitteren Geschmack aus. Die Lösungen werden durch Ammoniak gefällt, Ätzalkalien lösen im Überschuß zugesetzt, doch wird beim Kochen der alkalischen Lösung das Beryllium wieder abgeschieden. Für die analytischen Trennungen, besonders vom Aluminium, ist die Löslichkeit des Hydroxyds und Karbonats in Ammoniumkarbonat von Wichtigkeit.

Berylliumnitrat bildet sehr zerfließliche Kristalle, die bei 60° schmelzen. Beim Glühen bleibt das Oxyd zurück. Das reine Salz muß beim Glühen mindestens 13% Oxyd ergeben.

Materialprüfung: Die Prüfung des Metalls und der Salze wird sich, abgesehen von der mikroskopischen Untersuchung, auf die Anwesenheit des Aluminiums erstrecken Für die Reinheit des Metalls ist das niedrige spez. Gew. maßgebend. Auch die Feststellung des von einer gewogenen Menge mit Salzsäure entwickelten Wasserstoffvolumens gibt gute Anhaltspunkte. (0,1 g Be geben 247 ccm H_2, 0,1 g Al gibt nur 124,5 ccm im Normalzustande)[6]).

Für die Prüfung des Berylliumnitrats auf Aluminium werden mindestens 5 g des Salzes in Wasser gelöst und in 100 ccm Ammoniumkarbonatlösung (1 : 5) unter Umschütteln kalt eingetragen. Man läßt die Lösung einen Tag stehen und wäscht den unlöslich gebliebenen Rückstand mit Wasser aus. Die Identifizierung des Aluminiums in diesem Rückstande geschieht durch Anfeuchten mit Kobaltnitratlösung und Erhitzen auf Kohle mit dem Lötrohr (Blaufärbung).

Das in der Gasglühlichtindustrie verwendete Berylliumnitrat muß sehr rein sein. Es darf weder Aluminium noch Eisen noch Alkali enthalten, Phosphorsäure und Chlor nur in ganz geringen Mengen.

Verwendung: Das metallische Beryllium wird bis jetzt in technischem Maßstabe nicht hergestellt. Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, daß es infolge seines sehr niedrigen spez. Gew., seiner großen Härte

und Beständigkeit praktische Bedeutung gewinnen könnte. Die überspannten Erwartungen, die man noch bis in die neuere Zeit an die Verwendbarkeit des Metalls geknüpft hat, gründen sich auf frühere Angaben, die sich auf ein unreines Material beziehen. Danach sollte das Beryllium dem Aluminium in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften sehr nahe stehen, es aber in bezug auf Leichtigkeit, Glanz, Duktilität, Widerstandsfähigkeit und besonders durch seine sehr hohe Leitfähigkeit für den elektrischen Strom wesentlich übertreffen[13]). Aus den neueren Arbeiten von Fr. Fichter[5])[7]) geht aber hervor, daß diese Annahmen nur zum kleinen Teil richtig sind. Erschwerend für eine Anwendbarkeit in größerem Maßstabe, besonders in Deutschland, kommt hinzu, daß das Rohmaterial, das Mineral Beryll, wenn es auch nicht gerade selten ist, in Deutschland überhaupt nicht in abbauwürdiger Menge vorkommt und auch sonst kaum in einer solchen Menge zur Verfügung stehen dürfte, daß die regelmäßige Zufuhr für eine Verarbeitung im großen gesichert erschiene. Immerhin wäre es möglich, daß eine Verwertbarkeit für gewisse Spezialzwecke, bei denen die Leichtigkeit des Metalls entscheidend ist, von Bedeutung werden könnte (Luftschiffe?).

Berylliumnitrat wird ganz allgemein in der Gasglühlichtindustrie als Zusatz zum Imprägnierungsfluid gebraucht, um beim Veraschen der Glühkörper ein hartes Oxydskelett zu erzeugen, ebenso wird es vielfach zur Fixierung des Kopfendes der Glühkörper neben anderen Härtungsmitteln (Aluminium- und Magnesiumnitrat) als „Fixativ" angewandt[14]). Es dürfte dies die einzige bisher eingeführte technische Verwendung von Berylliumverbindungen sein.

Literatur:

1. Kluge, Etymolog. Wörterb. d. deutsch. Sprache, 6. Aufl. 1899, S. 57 und Wattenbach, Schriftwesen d. Mittelalters.
2. Internationale Atomgewichts-Tabelle; Ch. L. Parsons, Z. anorg. Ch. **40** (1904), 400.
3. P. Lebeau, Compt. rend. **126** (1898), 744; Ann. chim. phys. [7] **16** (1899), 457.
4. Max Engelhard, Über Berylliummetall und Berylliumchromverbindungen, Inaug.-Diss. München Univ. 1914.
5. Fr. Fichter und Kas. Jablczynski, Ber. chem. Ges. **46** (1912), 160.
6. G. Oesterheld, Z. anorg. Ch. **97** (1916), 1.
7. Fr. Fichter u. E. Brunner, Z. anorg. Ch. **93** (1915), 84.
8. L. F. Nilson u. Otto Pettersson, Ber. chem. Ges. **11** (1878), 381; **13** (1880), 1451. Humpidge, Proc. London Roy. Soc. **39** (1885), 1.
9. F. Exner u. Ed. Haschek, Die Spektren der Elemente bei normalem Druck, Bd. II, S. 10, Leipzig u. Wien, Franz Deuticke, 1911. Ludw. Carl Glaser, Beiträge zur Kenntnis des Spektrums des Berylliums, Berlin 1916, Verlag von Glasers Ann. f. Gewerbe u. Bauwesen.
10. Karl August Kühne, DRP. 179403, Kl. 40a vom 21. 5. 1904. Dr. Gerhard Just u. Dr. Max Mayer, DRP. 208402, Kl. 40a vom 13. 6. 1907.
11. Dr. Louis Liebmann, DRP. 94507, Kl. 40 vom 22. 9. 1896; Derselbe, DRP. 101326, Kl. 40 vom 9. 2. 1898. Derselbe, DRP. 104632, Kl. 40 vom 1. 12. 1898.
12. Otto Ruff, Z. anorg. Ch. **82** (1913), 373.
13. Warren, Chem. News **72** (1875), 311; Chem. Ztg. **20** (1896), Repert. 82.
14. C. Rich. Böhm, Die Fabrikation der Glühkörper f. Gasglühlicht, Halle a. S. 1910, Verl. von Wilh. Knapp, S. 181, 197, 216.

R. J. Meyer.

Berylliumnitrat s. Beryllium.
Besenginsterfaser s. Textilien, Ginsterfaser.
Betalysol s. Desinfektionsmittel 103.
Betanaphtol s. Naphtole 2.
Betanaphtylamin s. Naphtole 4.
Betlehemstahl s. Eisen V, 10.
Beton s. Steine V, B.
Betonbausteine s. Steine V, B, 7.
Betondecken s. Steine V, B, 3.
Betonestrich s. Steine V, B, 1.
Betonkitte s. Kitte 10, b.
Betonplatten s. Steine V, B, 6.
Betonrohre s. Steine V, B, 4.
Beuteltuch s. Textilien C, II, 16.
Biberhaare s. Textilien A, III, a, 9.
Biberschwänze s. Steine IV.
Bickfordzündschnur s. Sprengstoffe V, 1.
Bidderymetall s. Legierungen VI.
Bieberol s. Steine V, K.
Biehnsche Dichtung s. Steine V, N.
Bienenwachs s. Wachse 1; Konstanten: Fette II, A.
Biercouleur s. Zucker 1.
Biese s. Textilien B, III, 2; IV, 20.
Bildstein s. Steine II, 6.
Bimsbeton s. Steine V, B, e.
Bimskies s. Steine II, X, 20.
Bimszementdielen s. Steine V, H.
Binderiche s. Steine V, E.
Biolit s. Steine II, B, 12.
Birke s. Holz VII, 9.
Birkenrinde s. Gerbstoffe 15.
Birnbaum s. Holz VII, 10.
Birnenäther, Birnenöl s. Amylazetat.
Bisamhaare s. Textilien A, III, a, 9.
Bismut s. Wismut.
Bister s. Farbstoffe I, 19, 61.
Bisulfat, Bisulfit s. Natriumbisulfat.
Bitterkalk s. Steine II, B, 3.

Bittermandelöl s. Aldehyde 3.
Bittersalz s. Magnesiumsulfat.
Bitterspat s. Steine II, B, 2; 3.
Bitumen s. Montanwachs.
Blackwood s. Holz VII, 55.
Blank fix s. Bariumsulfat; Farbstoffe I, 6.
Blankonickel s. Legierungen II.
Blättchenlack s. Harze A, 6.
Blättchenpulver s. Sprengstoffe V, 4.
Blättererde, krist., s. Natriumazetat.
Blätterkohle s. Brennstoffe 3.
Blattgold (unechtes) s. Gold (goldähnliche Legierungen); Legierungen I, b, 1.
Blattsilber (unechtes) s. Silber (silberähnl. Legierungen).
Blauanilin s. Anilin.
Blauholz s. Holz VII, 66; Farbstoffe I, 8.
Blauöl s. Anilin; Harze B.
Blausäure s. Zyanwasserstoff; Desinfektionsmittel 13.

Blei; lat.: plumbum; franz.: plomb; engl.: lead. Chemisches Element, Metall, Atomgewicht 207,10, Zeichen Pb. Als Verunreinigungen des Handelsbleies kommen insbesondere Antimon, Arsen, Wismut, Kupfer, Zink und andere Metalle vor. Blei kristallisiert regulär holoedrisch, meist in Oktaedern. Durch elektrolytische Zerstäubung ist grauschwarzes kolloides Blei zu erhalten.

Wegen der großen Weichheit ist der Bruch nicht kristallin, jedoch kann gewalztes Blei bei Erhitzung oder auch beim Lagern eine grobkristalline Struktur annehmen (s. u.)[1] [2]).

Schmelzpunkt: 327°; infolge der geringen spez. Wärme leicht schmelzbar. Durch mehrfaches Umschmelzen wird Blei infolge Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft und Bildung von Oxyd dickflüssig. Sdp. bei Atmosphärendruck 1525°, jedoch verdampft Blei bereits merklich bei Rotglut, die Bleidämpfe schlagen sich als gelber Belag nieder (wichtig wegen der Giftigkeit des Metalles).

Beim Erhitzen wird Blei unmittelbar vor Erreichen des Schmp. spröde und mit dem Hammer zerklopfbar, es ist dann grobkristallin.

Dichte: Im Mittel 11,34; im geschmolzenen Zustand etwa 10,6.

Die Ausdehnung durch Wärme ist recht groß:

von — 190 bis + 17° = 0,0000270 (linear)
bei 18° = 0,0000275 („)
von 0 bis 100° = 0,000029 („)

Die Wärmeleitfähigkeit ist, Silber gleich 100 gesetzt, 8,5, also sehr gering.

Die spez. Wärme ist 0,0305, die Schmelzwärme 5,4 cal.

Blei ist ein sehr weiches Material. Der Elastizitätsmodul beträgt 1700—1800.

Die Zerreißfestigkeit ist sehr gering, etwa 3 kg/qmm, und wird durch Kaltrecken nur sehr wenig gesteigert. Die Dehnung des Bleies ist recht hoch. Heyn gibt folgende Zahlen[3]):

Behandlung	Dehnung %
kalt gewalzt von 30×35 auf 3×40 mm	39,5
nach einem Walzen wie oben 3 Std. bei 275° erhitzt	51,0

Der Widerstand gegen Deformation ist sehr gering, Blei ist sehr plastisch. Zylinder von 17,5 mm Höhe und 20 mm Durchmesser erleiden nach Goebel durch 15 Schläge mit einem Fallhammer von 5,2 kg Gewicht aus 40 cm Höhe eine Höhenverminderung von 78,02%[4]). Ebenso ist Blei sehr weitgehend biegbar. Durch langdauerndes Erhitzen auf Temperaturen von 100° und darüber verliert es allerdings seine Biegbarkeit und geht in einen spröden Zustand über unter gleichzeitiger Bildung grober Kristalle. Dieser Übergang in sprödes Blei kann auch beim Lagern ohne besondere Erhitzung vor sich gehen, besonders neigt Bleifolie dazu[1] [2]).

Die Härte des Bleies ist sehr gering, 5—6 nach Brinell, 2—4 nach Shore. Es ist mit dem Fingernagel ritzbar und hinterläßt auf Papier einen grauen Strich.

Die Farbe des Bleies ist im frischen Schnitt ausgesprochen bläulichweiß und metallglänzend. An der Luft läuft es sehr schnell grau an unter Bildung eines Oxydüberzuges, der das weiter unten liegende Material dann vor Oxydation schützt.

Das elektrische Leitvermögen ist gering, etwa 7,6% von dem des Silbers.

In der galvanischen Spannungsreihe steht Blei zwischen Zink und Zinn. Es wird aus seinen Lösungen durch Zink und Eisen niedergeschlagen (Bildung des Bleibaumes).

In Beziehung auf radioaktive Strahlen ist Blei ausgezeichnet durch eine starke Undurchlässigkeit, es findet aus diesem Grunde Verwendung als Schutzbekleidung und als Behälter für radioaktive Substanzen.

Chemisches Verhalten[5—10]). In trockener Luft bleibt Blei unverändert, in feuchter überzieht es sich mit einer Schicht von Oxyd und basischem Karbonat, die es vor tiefergehenden Angriffen schützt. Wird geschmolzenes Blei an der Luft auf Rotglut erhitzt, so überzieht es sich mit Oxyd, das leicht abzustreichen ist, sich aber immer wieder von neuem bildet, so daß allmählich die ganze Masse in Oxyd überzuführen ist. (Hierbei hinterbleibt das etwa darin enthaltene Silber als gediegenes

Metall). Das durch Erhitzen oder durch Lagerung in den spröden grobkristallinen Zustand übergegangene Blei ist viel stärker korrodierbar als das normale Material[1]).

Von destilliertem Wasser — daher auch von Regenwasser — wird Blei kräftig unter Bildung von Hydroxyd angegriffen. Auch kohlensäurehaltiges, salzfreies Wasser wirkt stark korrodierend; ein Gehalt an Chlorid und Nitrat erhöht den Angriff. Sind dagegen in dem mit Blei in Berührung stehenden Wasser Karbonate, Bikarbonate oder Sulfate enthalten, so bildet sich nach einem anfänglichen Angriff eine festhaftende Schutzschicht aus basischen Bleiverbindungen. Harte Wässer (Quellwasser) greifen daher das Metall nicht dauernd an, so daß Blei — trotz seiner Giftigkeit, s. u. — zu Röhren für Wasserleitungen verwendet werden kann. Moorwasser, also organische Substanzen enthaltendes Wasser greift dagegen wieder sehr stark an[5]). Für die Benutzung des Bleies als Rohrmaterial im Bauwesen sind neuere Feststellungen von Bauer und Wetzel von großer Bedeutung[8]). Danach wird Blei von Kalksandmörtel allein sowohl als mit Gipszusatz stark angegriffen, ebenso von mit Sand verlängertem Zementmörtel. Gips und Gipssandmörtel dagegen greifen es sehr wenig an. Blei sollte, da es auch von reinem Zement stark angegriffen wird, daher nur mit Gipsmörtel eingebaut werden. Es sei darauf hingewiesen, daß Zink in gewisser Hinsicht gerade das entgegengesetzte Verhalten zeigt (s. Zink).

Salzsäure und Schwefelsäure greifen Blei in kompakter Form auch bei stärkerer Konzentration kaum an, kalte Schwefelsäure wird gefährlich erst bei einer Konzentration von 60° Bé. In feiner Verteilung wird allerdings Blei von den genannten Säuren gelöst. Heiße Schwefelsäure greift ebenfalls an. Salpetersäure löst — auch im verdünnten Zustande — Blei, besonders wenn sie etwas erwärmt wird. Königswasser löst Blei unter Bildung eines weißen Schlammes von Bleichlorid. Kleine Gehalte des Metalls an Antimon sollen bei gewöhnlicher Temperatur die Widerstandsfähigkeit gegen Säuren noch erhöhen, bei höheren Temperaturen dagegen bewirken Verunreinigungen durch andere Metalle einen stärkeren Angriff. Fluorwasserstoffsäure greift Blei zunächst an, es bildet sich dann aber eine Schutzschicht auf dem Metall, die vor weiterem Angriff schützt.

Schwefelwasserstoff bildet schwarzes Bleisulfid.

Organische Säuren greifen das Blei schon in schwacher Konzentration bei Zutritt der Luft an, insbesondere ist wichtig, daß Essigsäure und Fruchtsäfte unter Bildung sehr giftiger Bleisalze lösend wirken.

In feiner Verteilung ist Blei selbstentzündlich.

Blei legiert sich leicht mit den meisten technisch wichtigen Metallen, neigt aber infolge seines verhältnismäßig hohen spez. Gew. sehr zum Seigern. Mit Eisen legiert es sich nicht, mit Zink nur in kleinen Mengen (s. Legierungen).

Physiologisches: Bleimetall und Bleisalze sind sehr giftig. Besonders gefährlich ist die dauernde Zufuhr kleiner Mengen in den Körper, wie sie z. B. bei den Arbeitern in Bleiwerken, ferner in Buchdruckereien (Schriftmetall-Legierungen, s. Legierungen) in Bleifarbenfabriken und bei Malerarbeiten vorkommt, wenn die in allen Fällen gegebenen sorgfältig ausgearbeiteten Sicherungsvorschriften nicht beachtet werden. Es dringt auch durch die Haut in den Körper ein und wirkt vorzugsweise auf die motorischen Nerven. Anzeichen der Bleivergiftung sind Verstopfung, Appetitlosigkeit und beim Fortschreiten der Erkrankung der sog. „Bleisaum" an den Zähnen. In starken Fällen treten Erkrankungen des Rückenmarks und des Gehirns sowie Lähmungen auf, die zum Tode führen können. Gegenmittel gegen Bleivergiftung ist vor allem Milchgenuß, als Vorbeugungsmittel beim Hantieren mit Blei wird Akrolein-Seife zum Waschen verwandt. Auch elektrolytische Bäder werden empfohlen.

Materialprüfung: Kennzeichen des reinen Bleies ist insbesondere sein hohes spez. Gew. sowie seine große Weichheit. Auch die Reinheit des Metalls läßt sich in gewissen Grenzen durch Prüfung dieser Eigenschaften feststellen. Genauere Untersuchung gestattet naturgemäß nur die chemische Analyse.

Die *Haltbarkeit* des Bleis muß als recht gut bezeichnet werden, allerdings wird, wie besprochen, das Metall an der Luft unansehnlich grau. Gelegentlich wurde beobachtet, daß ein Chlorgehalt Zerfall bewirkte[7]).

Bearbeitbarkeit: Der niedrige Schmp. des Bleies gestattet eine sehr leichte Vergießbarkeit, es ist leicht zu schmelzen und füllt die Formen gut aus. Das lineare Schwindmaß ist 1:92. Die beim Guß sich bildenden Lunker sind recht kräftig. Für Gußzwecke wird Blei meist legiert verwandt (s. Legierungen).

Infolge seiner großen Weichheit ist die Verarbeitung des Bleies durch Reckprozesse, Walzen, Pressen, Stanzen, Prägen sehr leicht, dagegen läßt es sich nicht zu dünneren Drähten ausziehen, da es bei der Ziehbeanspruchung infolge seiner geringen

Festigkeit reißt. Die Verarbeitung geschieht in der Praxis in der Hauptsache durch Walzen oder durch Pressen auf der Strangpresse, auf der letzteren werden auch Drähte und Rohre hergestellt. Stangen können dann leicht durch Pressen auf Maschinen nach Art der Gesenkpressen zu Formkörpern verarbeitet werden. Im Walzprozeß läßt sich Blei zu dünnen Folien bis herunter auf 0,05 mm Stärke auswalzen. Hierbei werden beim allmählichen Dünnerwerden der Bleche diese zu „Büchern" zusammengelegt, wobei die einzelnen Blätter, um das Zusammenkleben zu verhindern einen Ölanstrich erhalten. Von Wichtigkeit ist auch die Herstellung von Bleifolien, die mit einer Zinnschicht überzogen sind, da sie besseren Widerstand gegen Korrosion besitzen und auch weniger Bedenken wegen der Giftigkeit haben. Sie werden in der Weise hergestellt, daß Bleiplatten beiderseits mit einer dünnen Schicht Zinn übergossen werden, wobei eine Legierungszone sich bildet; die so hergerichteten Platten werden dann wie gewöhnliche Bleiplatten ausgewalzt.

Rohre sehr weiten Durchmessers werden auch wohl gegossen, entweder in Formen mit Kern oder in Zentrifugalgießmaschinen, d. h. Zylindern, die drehbar aufgestellt sind; das flüssige Blei wird in diese hineingegossen, die Zylinder werden dann in schnelle Drehung versetzt, durch die Zentrifugalkraft wird das Blei an die Wandung geschleudert und erstarrt hier in Rohrform.

Blei ist zwar mit dem Messer schneidbar und daher auch mit dem Stichel usw. leicht zu bearbeiten, jedoch ist es infolge seiner großen Weichheit nicht mit der Feile zu bearbeiten, da es die Zähne verschmiert. Aus dem gleichen Grunde läßt es sich auch nicht schleifen oder polieren.

Sehr gut läßt sich Blei infolge seines niedrigen Schmp. nach dem Schoopschen Spritzverfahren verarbeiten, welches auch insbesondere für Ausbesserungen an Bleigegenständen, z. B. Behälter in Betracht kommt.

Zusammenfügungsarbeiten sind bei Blei verhältnismäßig einfach durchzuführen. Bleche können durch das sog. Bügeln vereinigt werden, das heißt, die beiden Stücke werden miteinander verfalzt und der Falz mit dem heißen Eisen bestrichen. Löten mit besonderen Lotmetallen kommt für Blei nicht häufig in Betracht — trotzdem es an sich möglich ist —, da die Lotlegierungen (aus Blei und Zinn, evtl. noch mit weiteren den Schmp. herabsetzenden Zusatzmetallen) leicht galvanische Spannungen mit Blei ergeben, die ihrerseits der Korrosion Vorschub leisten. Meist wird daher Blei autogen geschweißt, entweder mit Hilfe eines Lötkolbens oder mit der Gebläseflamme[12]).

Die *technische Verwendung* des Bleies beruht im wesentlichen auf seinem guten Widerstand gegen manche chemische Einflüsse, seiner leichten Schmelzbarkeit, seiner guten Verarbeitbarkeit durch Pressen usw. und seinem hohen spez. Gewicht.

In der chemischen Industrie findet Blei Verwendung zu Gefäßen, Pfannen, Leitungen, Hähnen u. dgl. bei der Herstellung und Aufbewahrung von Schwefelsäure, vor allem zur Auskleidung der sog. Bleikammern, ferner zu Eindampfgefäßen, soweit die Konzentration der zu verarbeitenden Säure noch nicht zu hoch ist[13]).

Im Bauwesen spielten früher Bleibleche als Dachbedeckungen eine große Rolle, in dieser Verwendung wird es mehr und mehr vom Zink verdrängt. Weitgehende Verarbeitung findet das Blei aber noch immer zu Wasserleitungsrohren wegen seiner leichten Biegbarkeit und seiner Eigenschaft, unter dem Einflusse salzhaltiger Wässer sich mit einer gegen weitere Korrosion schützenden Schicht zu überziehen[14]). Ferner hat die Verwendung von Blei als Material zur Befestigung von eisernen Gittern in Steinsockeln Bedeutung in der Weise, daß die Löcher in den Steinen nach Einsetzen der Eisenstäbe mit Blei ausgegossen werden. In der Elektrotechnik wird das Blei vor allem gebraucht als Material für Akkumulatorenplatten, ferner als Bekleidung für Kabel, hierbei sind sein guter Korrosionswiderstand und vor allem seine gute Biegbarkeit von Bedeutung. Der hohe elektrische Widerstand und die leichte Schmelzbarkeit lassen es ferner zu Sicherungsdrähten verwenden. Wegen seiner großen Undurchlässigkeit für radioaktive Strahlen wird es für Behälter und Schutzmäntel für bzw. gegen radioaktive Substanzen gebraucht. In der Waffentechnik wird von Blei in weitem Maße wegen seines hohen spez. Gew. zu Geschossen Anwendung gemacht, da die daraus gefertigten Geschosse naturgemäß eine hohe lebendige Kraft beim Schuß erhalten. Infanteriegeschosse werden in den meisten Ländern aus Bleikernen hergestellt, die in einen Mantel aus Flußeisen oder Nickel-Kupfer eingepreßt sind, Schrapnellkugeln bestehen aus Blei, das aber zur Erzielung höherer Härte meist mit Antimon legiert ist, Flintenschrot ist mit Arsen gehärtetes Blei (s. Legierungen). Da Blei bei Sprengwirkung nicht splittert, werden sehr dickwandige Bleigefäße zur Messung der Wirkung von Sprengstoffen — gemessen an ihrer Aufweitung — benutzt.

Im Maschinenbau wird Blei als Dichtungs- und Packungsmaterial gebraucht, wobei es in besonderen Formen, z. B. als geriffelte Stangen, in den Handel gebracht wird[15]). In der Stahltechnik werden Bäder aus flüssigem Blei zum Abschrecken und zum Anlassen von Stahl beim Härten und Vergüten verwandt, da es die hierbei häufig sehr erwünschte Temperatur von 350 bis 400° und mehr leicht einhalten läßt. Sehr umfangreich ist endlich die Verwendung zu den verschiedensten Zwecken infolge des hohen spez. Gew., z. B. zum Ausgießen von Lampenfüßen u. dgl., zur Belastung kleiner Akkumulatoren, als Plomben, zur Beschwerung von Stoffen, für Gewichte, Bleikiele für Boote usw. Zu bemerken ist zu all diesen Verwendungszwecken allerdings, daß das Metall, um ihm einen höheren Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen zu verleihen, dabei häufig im legierten, also durch Zusatz von Antimon, Zinn oder anderen Metallen gehärteten Zustande gebraucht wird (vgl. Legierungen). Bleifolien — vor allem mit Zinn plattierte — dienen als Kapseln, und Packungsmaterial. Eisen- und Stahlgegenstände werden zum Schutz gegen Rostgefahr mit Überzügen aus Blei versehen, das Überziehen geschieht entweder auf dem Wege der feuerflüssigen Verbleiung, also durch Eintauchen in geschmolzenes Blei, oder durch das Schoopsche Spritzverfahren oder endlich auf galvanischem Wege. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß das Eisen an den Stellen, wo der Bleiüberzug verletzt ist, einer sehr starken Rostung unterliegt, im Gegensatz zum verzinkten Eisen, da Blei keine elektrolytische Rostschutzwirkung ausübt wie Zink.

Als *Ersatz* für Blei ist im Kriege vielfach Zink verwendet worden, das als Rohrmaterial dem Blei schon vorher Konkurrenz machte, seitdem es gelang, es zu Rohren zu verpressen.

In den *Handel* kommt Blei in Form von Gußblöcken, Barren, Rohren, Blechen, Folien, Draht. Kennzeichen lassen sich leicht eingießen oder einschlagen.

Das reine Blei wird im Handel bezeichnet als Weichblei (Reingehalt 98—99,8%) im Gegensatz zu dem durch Legierungszusätze gehärteten Hartblei (70—95% Reingehalt). Das bei der Bleiherstellung aus Erzen zunächst entfallende, eine Reihe anderer Metalle, insbesondere Antimon, Zinn, Arsen, Eisen, Silber, Kupfer und Schwefel enthaltende Blei wird als Werkblei bezeichnet.

Als Erz für die Gewinnung des Bleies kommt in erster Linie der Bleiglanz in Betracht, das Sulfid des Bleies, mit ihm vergesellschaftet und ebenfalls zur Gewinnung des Metalles dienend sind zu nennen der Cerussit oder das Weißbleierz (Bleikarbonat), der Pyromorphit oder das Grünbleierz (Gemisch aus Bleichlorid und Bleiphosphat), Bleivitriol (Bleisulfat), Rotbleierz (Bleichromat) und Wulfenit oder Gelbbleierz (Bleiwolframat). Die Gewinnung geschieht in der Weise, daß durch Rösten ein Teil des Sulfids in Oxyd und Sulfat übergeführt wird, bei weiterem Erhitzen treten dann die Reaktionen ein:

$$PbS + 2PbO = 3Pb + SO_2$$
$$PbS + PbSO_4 = 2Pb + SO_2.$$

Durch Raffinierschmelzen wird dann das Werkblei von den übrigen mit entfallenden Metallen gereinigt.

Die wichtigsten Lagerstätten für Bleierz sind in Deutschland im Erzgebirge, im Harz, in der Eifel, bei Stolberg im Rheinland, sowie in Baden und Nassau. Ferner finden sich Bleierze in Böhmen, Kärnten, Sardinien, Cumberland, Derbyshire, Schottland, in Ungarn, Rußland und Spanien, aus welch letzterem Lande besonders große Mengen kommen. An der Spitze der außereuropäischen Länder stehen die Vereinigten Staaten von Amerika, Australien und Mexiko. Die Verarbeitung von Blei geschah außer in den Ländern, die eigene Lagerstätten besitzen, insbesondere auch in Belgien. Über die Erzeugung und den Verbrauch von Rohblei in den wichtigsten Ländern sowie die Weltproduktion und den Weltverbrauch während der letzten Jahre vor dem Kriege geben die beiden nachstehenden Tabellen Aufschluß.

Hüttenproduktion von Rohblei in Tonnen.

	1910	1911	1912	1913
Ver. Staaten	369 400	377 900	387 300	407 800
Spanien	191 900	175 100	186 700	203 000
Deutschland	158 400	164 400	176 600	181 100
Australien	98 800	99 600	107 400	116 000
Mexiko	120 700	124 600	108 000	62 000
Belgien	40 700	44 300	51 200	50 800
Großbritannien	29 600	26 000	29 200	30 500
Frankreich	20 200	23 600	31 100	28 000
Österreich-Ungarn	17 500	19 600	21 400	24 100
Italien	14 500	16 700	21 500	21 700
Griechenland	16 800	14 300	14 500	18 400
Weltproduktion	112 500	1 135 000	1 182 000	1 187 000

Verbrauch von Rohblei in Tonnen.

	1910	1911	1912	1913
Ver. Staaten	378 900	364 400	398 400	401 300
Deutschland	208 900	232 900	232 100	223 500
Großbritannien	208 400	198 300	196 300	191 400
Frankreich	89 800	99 600	104 700	107 600
Rußland	48 000	42 900	45 600	58 800
Belgien	32 000	43 000	44 900	42 900
Österreich-Ungarn	31 500	36 200	37 800	35 500
Italien	28 200	36 300	33 000	32 600
Canada	17 800	21 100	30 000	22 900
Japan	16 500	18 900	21 800	18 500
Weltverbrauch	1 115 000	1 150 000	1 200 000	1 196 000

Danach verbrauchte Deutschland im Frieden jährlich rund 50000 t mehr Blei, als es erzeugte, jedoch betrug seine Ausfuhr in Fertigfabrikaten aus Blei etwa ebenso viel. Allerdings stammte die Produktion auch weit darüber hinaus aus eingeführten Erzen, da aus deutschen Bleierzen im Jahre 1913 nur 75000 t Blei gewonnen wurden. Die Haupteinfuhr von Bleierzen geschah vor 1914 aus Australien.

Über die Preise für Blei an der Londoner Börse gibt nachstehende Tabelle Auskunft.

Preise für Blei in London.

Jahr	M.	Jahr	M.
1909	266,90	1913	373,49
1910	264,18	1914	379,42
1911	274,75	1915	466,93
1912	362,95		

Zusammenfassend sind als Vorzüge des Bleies in technischer Hinsicht zu nennen sein hohes spez. Gew., sein niedriger Schmp., seine große Plastizität und der gute Widerstand gegen Schwefelsäure und salzhaltige Wässer. Von Nachteil sind seine geringe Festigkeit und Härte, die sich allerdings durch ein geeignetes Legieren in gewissen Grenzen beheben lassen, seine leichte Angreifbarkeit durch organische Säuren und seine große Giftigkeit.

Literatur:

1. Bauer, Mitt. Mat. Prüf. 1913, S. 257.
2. Baucke, Internationale Zeitschrift für Metallographie 1912, S. 243.
3. Martens-Heyn, Handb. d. Materialienkunde Teil II A.
4. Goebel, Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1919, S. 424.
5. Fordos, Dingl. Journ. **213,** 163 (1874).
6. Klut, Chem. Zentrbl. **1910 II,** 173.
7. Scala, Atti Accad. dei Lincei 1913, S. 155, Chem. Zentrbl. **1913 I,** 1497.
8. Bauer und Wetzel, Mitt. Mat. Prüf. 1916, S. 333.
9. Vaubel, Z. angew. Ch., 1913, S. 423.
10. Bamberger, Dingl. Journ. **245,** 35 (1882).
11. Matignon, Compt. rend. 1912, S. 1609. Chem. Zentrbl. **1912, II,** 485.
12. Autogene Metallbearbeitung 1916, S. 38.
13. Forster, Chem. Ztg. 1910, S. 574.
14. Reich, Gesundheitsingenieur 1914, S. 510.
15. Trebst, Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1911, S. 136.

E. H. Schulz.

Bleiantimoniat s. Farbstoffe I, 66.

Bleiarsenat s. Desinfektionsmittel 57.

Bleiazetat, essigsaures Blei, Bleizucker; lat.: plumbum aceticum; frz.: acétate de plomb (sel de Saturne); engl.: acetate of lead. Chem. Zus.: $Pb(C_2H_3O_2)_2.3H_2O$. Mol.-Gew. 379,0. PbO: 58,81%, $(CH_3.CO)_2O$: 26,94%, H_2O: 14,25%. Weiße vierseitige Prismen vom spez. Gew. 2,496, die an der Luft verwittern. Schmilzt beim Erhitzen bei 75°. Erstarrt nach dem Schmelzen zu einer blättrigen Masse, die wasserfrei bei 280° schmilzt. In Wasser löslich. 100 T. Wasser von 15° lösen 45 T., bei 100° 71 T. wasserfreies Salz.

(Tabelle s. S. 106 oben.)

1 g Bleiazetat löst sich bei 15,5° C in 8 ccm Alkohol von D = 0,941.

Bei der trockenen Destillation geht ein großer Teil der Essigsäure unzersetzt über, ein anderer Teil geht in Azeton und Kohlensäure über. Bei stärkerem Erhitzen entstehen brenzliche Öle und Kohlenstoff. Zurück bleibt Bleioxyd.

Verwendung: Bleiazetat dient in der Färberei und Zeugdruckerei als Beize, zur Herstellung von anderen Bleiverbindungen, z. B. von basischem Bleiazetat Plumbum subaceticum durch Zusammenschmelzen von 3 T. Bleizucker mit 1 T. Bleioxyd, von neutralem Grünspan durch Umsetzung mit Kupfervitriol, von Bleiweiß durch Behandeln mit Kohlensäure, von neutralem Bleikarbonat durch Einleiten von Kohlensäure in Bleiessig, von Chromgelb mit Kaliumchromat, von Chromrot durch Fällung von Natriumchromat mit basischem Bleiazetat, von Bleisikkativ (harzsaurem Blei) durch Fällung von heißer wässeriger

Volumgewicht und Gehalt der Lösungen von Bleizucker bei 20° C (Salomon):

Gramm in 100 ccm Lösung	Vol.-Gew.	Gramm in 100 ccm Lösung	Vol.-Gew.	Gramm in 100 ccm Lösung	Vol.-Gew.
1	1,0062	18	1,1118	35	1,2142
2	1,0124	19	1,1180	36	1,2201
3	1,0168	20	1,1242	37	1,2261
4	1,0248	21	1,1302	38	1,2320
5	1,0311	22	1,1362	39	1,2380
6	1,0373	23	1,1422	40	1,2440
7	1,0435	24	1,1482	41	1,2499
8	1,0497	25	1,1543	42	1,2558
9	1,0559	26	1,1603	43	1,2617
10	1,0622	27	1,1663	44	1,2676
11	1,0684	28	1,1723	45	1,2735
12	1,0746	29	1,1783	46	1,2794
13	1,0808	30	1,1844	47	1,2853
14	1,0870	31	1,1903	48	1,2912
15	1,0932	32	1,1963	49	1,2971
16	1,0994	33	1,2022	50	1,3030
17	1,1056	34	1,2082		

Harzseifenlösung mit Bleiazetat. Es dient ferner nach dem Goldbleiverfahren von Betty zur Gewinnung von Gold aus Erzen: Es werden Zinkspäne in 10%ige Bleiazetatlösung getaucht, wobei sie sich mit einer Schicht von Blei überziehen, welche das Gold ausfällt. Zum Reinigen von Rohpetroleum nach DRP. 153585, wobei eine Bleiazetatlösung vom gleichen spez. Gew. wie das Petroleum bei 180° mit überhitztem Wasserdampf behandelt wird, bis mindestens 20% des Öles übergangen sind; dieses kann als schwefelfreies Brenn- und Motoröl verwendet werden, während der Rückstand ein schwach gefärbtes, geruchloses Öl darstellt. Zum Härten von Talg (Zusatz von 0,7%) für Kerzen (Cappaccioni, Dingl. Journ. 144, 398).

Deutscher Außenhandel in Bleizucker, Bleiessig:

Jahr	Einfuhr t	Einfuhr Wert in 1000 M.	Ausfuhr t	Ausfuhr Wert in 1000 M.
1905	28	13	1766	812
1906	21	10	2078	1059
1907	25	14	2201	1189
1908	6,2	3	1834	807
1909	7,9	3	1677	721
1910	17,8	8	1292	581
1911	45,4	20	2076	1023
1912	67	33	1664	847
1913	85,6	45	1626	831

Im Jahre 1913 wurden eingeführt: von Holland 80,0 t, von der Schweiz 5,0 t; ausgeführt wurden nach Großbritannien 274,5 t, Niederlande 256,0 t, Österreich-Ungarn 139,8 t.

Preise: Bleiazetat,
raffin. krist. . . . . % kg M. 65,00
entwässert, Pulver . . . % „ „ 90,00
chem. rein, DAV. . . . % „ „ 75,00
Basisches Bleiazetat, krist. 1 „ „ 4,50

Bezugsquellen: Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik von J. E. Devrient AG., Zwickau; Holzverkohlungsindustrie-AG., Konstanz; W. Leyendecker u. Co., Köln-Ehrenfeld; E. Merck, Darmstadt; Roeßler u. Co., Meißen. Holzessigsaures Blei (brauner Bleizucker, Pyrolignite de plomb, Pyrolignite of lead); Lindgens u. Söhne, Mülheim a. Rh.; Verein für chemische Industrie, Frankfurt a. M. Basisch essigsaures Blei: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Holzverkohlungsindustrie-AG., Konstanz; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz; Schlesische Bleiweißfabrik Schube u. Brunnquell, Ohlau.

Literatur:

C. Bauer, Chem. Ztg. 1905, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 5.

Ed. Schenk.

Bleiazid s. Stickstoffwasserstoffsäure; Sprengstoffe V, 11.

Bleibraun s. Farbstoffe I, 16.

Bleichkalk s. Kalziumhypochlorit.

Bleichlorid, salzs. Blei, Chlorblei; lat.: plumbum chloratum; frz.: hydrochlorure de plomb; engl.: hydrochloride of lead. Chem. Zus.: $PbCl_2$. Mol.-Gew. 277,80, Pb: 74,48%, Cl: 25,52%. Weiße seidenglänzende Nadeln oder Blättchen vom spez. Gew. 5,80, die bei etwa 485° schmelzen und nach dem Erkalten eine weiße hornähnliche

Masse bilden. Siedep. zwischen 861—954° C. Schmelzwärme 20,9 kcal. Bildungswärme für $Pb + Cl_2 = PbCl_2 + 42{,}6$ kcal. Unter Luftzutritt erhitzt findet teilweise Zersetzung in Bleioxychlorid und Chlorgas statt. Wasserstoff reduziert zu met. Blei. Mit Wasserdampf entstehen Bleioxyd und Salzsäure.

Bleichlorid ist in Wasser schwer löslich, schwerer löslich in salzsäurehaltigem Wasser, leichter löslich in heißem Wasser. In Alkohol wenig löslich. 100 ccm Wasser lösen bei 15° C 0,9 g, bei 100° 3,3 g Bleichlorid. Aus der stark salzsauren Lösung wird B. durch Schwefelwasserstoff nicht gefällt.

Beim Glühen von B. an der Luft, oder beim Erhitzen eines Gemenges von gleichen Teilen B. und Bleikarbonat oder beim Verdünnen einer Lösung von B. in Salmiak mit Wasser entsteht basisches Bleichlorid ($PbO.PbCl_2$).

Verwendung: Zur Herstellung von Bleisikkativ (harzsaurem Blei) durch Fällung einer heißen wässrigen Harzseifenlösung mit heißer Bleichloridlösung, zur Herstellung von Chromgelb, von Kasselergelb, Patentgelb ($PbCl_2.5PbO$).

Preise: Bleichlorid, techn. % kg M. 95,00
„ gefällt % „ „ 260,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bleichromat, chromsaures Blei, (Chromgelb s. d.); lat.: plumbum chromicum; frz.: chromate de plomb; engl.: chromate of lead. Chem. Zus.: $PbCrO_4$. Mol.-Gew. 322,23. PbO: 69,00%, CrO_3: 31,00%. Gelbes amorphes Pulver, das beim Erhitzen unzersetzt zu einer braunen Flüssigkeit schmilzt. Beim Glühen verliert es etwas Sauerstoff. Aus dem Schmelzflusse erstarrt Bleichromat zu einer braunen, strahlig kristallinischen Masse. Unlöslich in Wasser, schwer löslich in Schwefelsäure. Kochende Salzsäure zersetzt Bleichromat in Bleichlorid und Chromtrichlorid. Löslich in wässrigen Ätzalkalien. — Beim Behandeln von Bleichromat mit Ätzalkalien, Bleioxyd oder Bleikarbonat in Gegenwart von Wasser beim Kochen oder beim Kochen von Bleichromat mit einer Lösung von Kaliumchromat entsteht basisches Bleichromat, Chromrot, Chromorange, $PbO; PbCrO_4$. Beim Eintragen von Bleichromat in schmelzendes Kaliumnitrat erhält man nach dem Auswaschen mit Wasser ein feurig rotes, basisches Bleichromat, den Chromzinnober.

Verwendung: Bleichromat dient in der Elementaranalyse zur Verbrennung organischer Körper, in Verbindung mit Chlorkalk zur Reinigung von Azetylen, in der Färberei und im Zeugdruck, zur Herstellung gelber Buchdruckfarben, als Farbstoff, für sich oder in Mischung mit Bleikarbonat, Bleisulfat als Chromgelb (s. Farbstoffe I, 20, 23, 25). Zur Herstellung von Chromorange durch Mischen von Chromgelb mit Chromrot, als grüner Zinnober durch Mischen von Chromgelb mit einem blauen Farbstoff (z. B. mit Pariserblau), zur Herstellung rostfreier Zündsätze für Zündhütchen (wie Kaliumbichromat), z. B. 40% Knallquecksilber, 26% Bleichromat, 10% Kaliumperchlorat, 20% Schwefelantimon und 4% Glaspulver, oder 36 % Knallquecksilber, 40 % Bleichromat, 20 % Schwefelantimon und 4 % Glaspulver.

Preise: Bleichromat,
gefällt, gelb Ia . . . . % kg M. 210,00
„ „ IIa . . . . % „ „ 150,00
„ orange . . . . % „ „ 260,00
„ rot (Chromrot) % „ „ 144,00
geschmolzen . . . . . 1 „ „ 4,00
saures . . . . . 1 „ „ 5,00

Bezugsquellen: Bleichromat: Chemische Werke Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bleidioxyd s. Bleisuperoxyd.
Bleifluat s. Steine V, K.
Bleigelb s. Farbstoffe I, 9.
Bleiglätte s. Bleioxyd; Farbstoffe I, 10.
Bleigrau s. Farbstoffe I, 11.

Bleikarbonate, 1. Neutrales Bleikarbonat; lat.: plumbum carbonicum; frz.: carbonate de plomb; engl.: carbonate of lead. Chem. Zus.: $PbCO_3$. Mol.-Gew. 266,9. PbO: 83,51%, CO_2: 16,49%. Weißes amorphes Pulver vom spez. Gew. 6,43, das sich beim Erhitzen in Bleioxyd und Kohlensäure zersetzt. In Wasser wenig löslich, löslicher in heißer Ammoniumchloridlösung. Beim Kochen mit Alkalisulfaten entsteht Bleisulfat.

Preise: Bleikarbonat,
techn. rein, Pulver . . % kg M. 60,00
gereinigt . . . . . % „ „ 110,00
chem. rein . . . . . % „ „ 240,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover.

2. Basisches Bleikarbonat, Bleiweiß s. Farbstoffe I, 17.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bleikupferlegierungen s. Legierungen I, c, 3.
Bleilegierungen s. Legierungen V.
Bleimennige s. Mennige; Farbstoffe I, 12.

Bleinitrat, salpetersaures Blei; lat.: plumbum nitricum; frz.: nitrate de plomb; engl.: nitrate of lead. Chem. Zus.: $Pb(NO_3)_2$. Mol.-Gew. 331,0. PbO: 67,34%, N_2O_5: 32,66%. Bleinitrat bildet oktaedrische, große durchsichtige Kristalle vom spez. Gew. 4,51, die an der Luft beständig sind. Bildungswärme für $PbO + 2HNO_3.aq =$ + 17,7 kcal. Beim Erhitzen zerfällt Bleinitrat in Bleioxyd, Stickstoffdioxyd und Sauerstoff. In Wasser unter starker Temperaturerniedrigung leicht löslich. 100 T. Wasser lösen bei 10° 48 T., bei 100° 140 T. Bleinitrat. Lösungswärme: —7,6 kcal.

Volumgewicht der Lösungen von Bleinitrat in Wasser von 17,5° (Franz):

Proz. $Pb(NO_3)_2$	Vol.-Gew.	Proz. $Pb(NO_3)_2$	Vol.-Gew.
5	1,044	30	1,333
10	1,092	35	1,409
15	1,144	40	1,433
20	1,200	45	(gesättigt)
25	1,263		

Die bei 15° C. gesättigte Lösung siedet bei 103,5° C.

100 T. Alkohol von D = 0,9282 lösen bei

4°	4,96 T. $Pb(NO_3)_2$
8°	5,82 „ „
22°	8,77 „ „
40°	12,8 „ „
50°	14,9 „ „

Aus der wässrigen Lösung wird durch Zusatz starker Salpetersäure Bleinitrat ausgeschieden. Met. Zink fällt met. Blei als Bleischwamm aus. Mit Alkalinitraten bildet Bleinitrat sog. Salzlegierungen. Beim Kochen nimmt die wässrige Lösung Bleioxyd unter Bildung von basischem Bleinitrat auf, das sich beim Erkalten der Lösung in Form von weißen Nädelchen ausscheidet. Beim Kochen mit met. Blei wird die wässrige Lösung zu Bleinitrit reduziert.

Zur gewichtsanalytischen Bestimmung des Bleis versetzt man die Lösung mit verdünnter Schwefelsäure im Überschusse, fügt das doppelte Volumen Alkohol hinzu, wäscht im Filter mit Weingeist aus und glüht das erhaltene Bleisulfat.

Verwendung: Bleinitrat dient zur Herstellung von Bleiglätte (Massikot), von neutralem Bleikarbonat durch Umsetzung mit Ammoniumkarbonatlösung, von Stickstoffperoxyd, von Bleijodid als Bronzefarbe, zur Herstellung von Bleifarben, wie Neapelgelb (basisch antimonsaures Blei), durch Zusammenschmelzen von 2 T. Bleinitrat, 1 T. Brechweinstein und 4 T. Kochsalz und Auslaugen der erkalteten Schmelze mit Wasser. Mit Bleisuperoxyd gemischt dient es als Zündmasse, in der Feuerwerkerei zur Erzeugung von Sternfeuerwerk. Nach DRP 68794 setzt man zu einer Lösung von Schellack in Spiritus ein Gemenge von 8 T. Bleinitrat, 1 T. Holzkohle, 1 T. Stahlspäne, die mit einer Stearinschicht überzogen sind. Bleinitrat dient wie Bleiazetat in der Färberei und im Zeugdruck.

Deutscher Außenhandel in Bleinitrat nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr t	Einfuhr Wert in 1000 M.	Ausfuhr t	Ausfuhr Wert in 1000 M.
1907	25	—	15	—
1908	15	8	17	10
1909	6,0	3	77	39
1910	—	—	131	66
1911	1	—	170	87

Preise: Bleinitrat % kg M.
raffin. krist. 70,00
„ Pulver 76,00
„ chem. rein 110,00
basisch, für Feuerwerk 100,00

Bezugsquellen: Chemische Werke Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Dr. Herzberg u. Co., Elberfeld; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Friedrich Wachs, Elberfeld.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bleioxychlorid s. Farbstoffe I, 14.

Bleioxyd, Bleiglätte, Goldglätte, Silberglätte, Massikot, Lithargyrum (s. a. Farbstoffe I, 10); lat.: Plumbum oxydatum; frz.: Oxyde de plomb; engl.: Oxide of lead. Chem. Zus.: PbO. Mol.-Gew. 222,90. Pb: 92,82%, O: 7,18%. Gelbe rhombische oder tetragonale rote Kriställchen oder amorphes weißes Pulver, meist gelblich bis rötlich gefärbt, vom spez. Gew. 9,36. Beim Erhitzen auf Rotglut färbt es sich braunrot und schmilzt. Bei langsamem Erkalten wird es rötlich (Goldglätte), bei schnellem Erkalten gelblich (Silberglätte). Bei Weißglut ist es flüchtig. Bildungswärme Pb + O = PbO + 50,3 kcal. Neutralisationswärme für PbO + $2HNO_3$.aq = $Pb(NO_3)_2$.aq + 17,77 kcal. Bleioxyd ist in Wasser unlöslich, es färbt rotes Lackmuspapier blau. Chlor- und Bromgas bilden Bleichlorid resp. -bromid. Löslich in verdünnten Säuren und Alkalien. Mit Schwefelsäure bildet es unlösliches Bleisulfat. Von Wasserstoff, Kohlenstoff, Kohlenoxyd, Kaliumzyanid, Alkalimetallen wird es leicht zu met. Blei reduziert.

Verunreinigungen: Kupferoxyd, Eisenoxyd, met. Blei, Bleisuperoxyd, Bleikarbonat, -nitrit.

Verwendung: Bleioxyd dient zur Herstellung von Bleisuperoxyd durch Oxydation mit Chlorkalk, Chlorwasser oder durch Schmelzen mit Kaliumchlorat, von Bleizucker durch Auflösen in Essigsäure, von Kalziumplumbat durch Glühen von Bleioxyd mit Kalk unter Luftzutritt [dieses zerfällt mit Kohlensäure unter Freiwerden von Sauerstoff (Kaßner)]; von Mennige. Bleioxyd dient ferner als Füll- und Beschwerungsmittel für Kautschuk, zur Herstellung der Tötung für Rauchwaren (100 g Kalk, 100 g Bleiglätte, 10 g Ammoniak oder 50 g Kalk, 50 g kalz. Soda, 30 g Bleiglätte, 15 g Eisenvitriol, 10 g Kupfervitriol in 1 L Wasser); von Bleifarben: Neapelgelb (basisch antimonsaures Blei) entsteht durch Zusammenschmelzen von Bleiglätte mit Antimonoxyd (Lindgens), von anderen weißen Bleifarben z. B. nach DRP 153042 aus Bleioxyd und Kochsalz bei Gegenwart von Wasser und Neutralisation mit Schwefelsäure, wobei ein Gemisch von Bleichlorid mit Bleisulfat entsteht. Ferner dient es zur Herstellung von Bleisikkativen (harzsaurem Blei) und leinölsaurem Blei, für die Lack- und Firnisfabrikation, besonders für kalt bereitete oder Präparatefirnisse. Man kocht Leinöl mit Zusatz von 3% Bleioxyd oder man schmilzt 7 Gew.-T. Leinöl mit 2 Gew.-T. fein gemahlener Bleiglätte zusammen oder für harzsaures Blei werden z. B. 100 kg Kolophonium auf 150° C erhitzt, man trägt 12 kg Bleiglätte ein und erhitzt dann noch auf 220°C; oder 150 kg Harz, 6 kg Bleiglätte und 2 kg Mangansuperoxyd. Zur Herstellung von Metallkitten, z. B. 15 T. Bleiglätte, 10 T. Schlämmkreide, 50 T. Graphit, 5 T. Kalkhydrat und 20 T. Leinölfirnis oder für einen schnell erhärtenden Kitt: 75—90 T. Bleiglätte und 25—10 T. Glykol (DRP 302852). Zur Herstellung von Akkumulatorenpaste: 4 kg Bleiglätte mit 870 ccm Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,175 ergeben eine Pastenmenge, die für 33 Platten ausreicht.

Deutscher Außenhandel an Bleioxyd (Bleiglätte, Gold-, Silberglätte) in Brocken, Schuppen oder Pulver:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1905	215	67	4466	1333
1906	447	179	3494	1317
1907	304	127	4470	1788
1908	333	113	5243	1835
1909	479	150	4750	1568
1910	359	115	4865	1605
1911	474	159	5436	2295
1912	337	128	6480	2647
1913	364	153	6203	2715

Von der Einfuhr 1913 entfielen auf Frankreich 111,8 t, auf Großbritannien 209,4 t. Ausgeführt wurden: nach Großbritannien 2128,5 t, Österreich-Ungarn 398,2 t, Rußland 2372,3 t, Kanada 236,0 t.

Preise: Bleioxyd (Massikot) . . . % kg M.
in Stücken 80,00
in Pulver 85,00
techn. feinst, kupferfrei 65,00
raffin. (Probierglätte) silberfrei . . 75,00
gefällt 190,00
chem. rein . . . . . 1 kg M. 3,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik Frei-Weinheim a. Rh., Dr. Hermann Bopp in Frei-Weinheim a. Rh., E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover, Lindgens u. Söhne, Mülheim a. Rh.; Reimbold u. Strick, GmbH., Köln a. Rh.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 2, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 2.

Ed. Schenk.

Bleioxyd, rotes s. Mennige.
Bleipikrat s. Sprengstoffe V, 5, c.
Bleischnee s. Farbstoffe I, 13.
Bleisikkative s. Bleichlorid, Bleioxyd.

Bleisulfat, schwefels. Blei, Bleivitriol; lat.: plumbum sulfuricum; frz.: sulfate de plomb; engl.: sulphate of lead. Chem. Zus.: $PbSO_4$. Mol.-Gew. 302,96, PbO: 73,57%,

SO_3: 26,43%. Schweres weißes kristallinisches Pulver vom spez. Gew. 6,2—6,38, das in der Glühhitze schmilzt und beim Erkalten kristallinisch erstarrt. In Wasser sehr schwer löslich: 100 ccm Wasser von 15° lösen 0,004 g $PbSO_4$. Schwer löslich in schwefelsäurehaltigem Wasser. Salpetersäure erhöht die Löslichkeit. Leicht löslich zum Unterschiede von Bariumsulfat in starker Natronlauge. Bleisulfat ist erheblich löslich in wässrigen Lösungen von Natriumthiosulfat, Ammonium- oder Natriumazetat und anderen Azetaten, auch in zitronen- und weinsaurem Ammonium löslich.

Kohlenstoff reduziert Bleisulfat beim Glühen zu met. Blei, Bleioxyd oder met. Blei und Bleisulfid. Wasserstoff reduziert zu met. Blei. Starke Salpetersäure führt es in Bleinitrat über. Die wässrigen Lösungen von Alkalikarbonaten setzen Bleisulfat schon bei gewöhnlicher Temperatur in Bleikarbonat und Alkalisulfat um.

Verwendung: Bleisulfat dient als Verdünnungsmittel für Farben (s. Farbstoffe I, 15), als Füll- und Beschwerungsmittel für Kautschuk, zur Herstellung von met. Blei, von Mennige durch Erhitzen mit Soda oder Salpeter.

Preise: Bleisulfat % kg M.

Teigform	30,00
weiß Ia, in Brocken	55,00
„ Ia, in Pulver	59,00
„ IIa, in Brocken	41,00
„ IIa, in Pulver	44,00
chem. rein . . 1 kg M. 1,90	178,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Carl Dicke, Barmen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. **2**.

Ed. Schenk.

Bleisuperoxyd, Bleidioxyd; lat.: plumbum hyperoxydatum; frz.: peroxyde de plomb; engl. peroxide of lead. Chem. Zus.: PbO_2. Mol.-Gew. 238,9. Pb: 86,7%, O: 13,3%. Dunkelbraunes, körnig kristallinisches Pulver vom spez. Gew. 8,93. Bildungswärme PbO (fest) + O (gasf.) = PbO_2 + 12,07 kcal. Zerfällt bei der Einwirkung des Lichtes oder beim Erwärmen in Mennige und Sauerstoff, bei stärkerem Erhitzen in Bleioxyd und Sauerstoff. Wird von Wasserstoff schon bei etwa 150° reduziert. Kohlenstoff, Kohlenoxyd reduzieren bei höherer Temperatur zu Metall. Wasserstoffsuperoxyd in saurer Lösung reduziert unter Sauerstoffabgabe zu Bleisalz; in alkalischer Lösung bleibt es unverändert. Mit Schwefeldioxyd entsteht unter Erglühen Bleisulfat; nitrose Gase werden unter Bildung von Bleinitrat völlig absorbiert. Mangansalze werden durch Bleisuperoxyd bei Gegenwart von Salpetersäure oder Schwefelsäure zu Permanganat oxydiert. Starke heiße Kalilauge löst Bleisuperoxyd. Aus dieser Lösung scheiden sich Kristalle von Kaliumplumbat ($K_2PbO_8.3H_2O$) aus.

Bleisuperoxyd speichert in den Sammlern (Akkumulatoren) die Elektrizität auf. An den negativen Platten wird beim Laden Bleioxyd in Blei und Sauerstoff zerlegt, an den positiven Platten geht Bleioxyd durch Sauerstoffaufnahme in Bleisuperoxyd über. Beim Entladen kehren sich diese Vorgänge um.

Verwendung: Bleisuperoxyd dient als Füll- und Beschwerungsmittel für Kautschuk als Farbstoff (s. d. I, 16), zur Herstellung von Trockenelementen, von Akkumulatoren, in der Teerfarbenfakrikation als Oxydationsmittel, zur Herstellung von Zündsätzen z. B. 40 T. Knallquecksilber, 20 T. Bleichromat, 16 T. Bleisuperoxyd, 6 T. Glaspulver, in der Zündholzfabrikation.

Preise: Bleisuperoxyd % kg M.

techn. (Teigform)	65,00
„ ca. 80% für Zündwaren	90,00
„ ca. 96—98%	115,00
gereinigt . . . . 1 kg M. 3,00	290,00
chem. rein (manganfrei) 1 kg M. 4,00	360,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik Frei-Weinheim a. Rh., Dr. Hermann Bopp in Frei-Weinheim a. Rh.; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Lindgens u. Söhne, Mülheim a. Rh.; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **2**, 2.
Ullmann, Handb. der techn. Chemie **2**.

Ed. Schenk.

Bleivitriol s. Bleisulfat.
Bleiweiß s. Bleikarbonate; Farbstoffe I, 17.
Bleiweiß, sublimiertes, s. Farbstoffe I, 85.
Bleizinnober s. Farbstoffe I, 13.
Bleizucker s. Bleiazetat.
Blende s. Steine I, 25.
Blende, Sidotsche s. Leuchtmassen.
Blitzlichtpulver s. Photograph. Materialien G, 1.
Blocklack s. Harze A, 5.
Blöße s. Häute.
Blondöle s. Harze B.
Blutalbumin s. Eiweiß 2.
Bluteisenstein s. Steine I, 10.
Bluteiweiß s. Eiweiß 2.

Blutholz s. Holz VII, 66; Farbstoffe I, 8.
Blutkitte s. Kitte 7.
Blutlaugensalz, gelbes, s. Kaliumferrozyanid.
Blutlaugensalz, rotes, s. Kaliumferrizyanid.
Blutserum s. Eiweiß 2.
Blutstein s. Steine I, 10.
Boart s. Steine I, 6.
Bobierres Metall s. Legierungen I, b, 3.
Bobrekporphyr s. Steine V, L.
Bodenstein s. Steine I, 3.
Boecklendiele s. Steine V, H.
Böhler Boreas-Stahl s. Eisen V, 10.
Böhmische Erde s. Farbstoffe I, 36.
Bohröl s. Fette I, 12.
Bologneser Leuchtsteine s. Leuchtmassen; Bariumsulfat.
Bolus s. Farbstoffe I, 18; Desinfektionsmittel 135.
Bonamite s. Steine I, 26.
Bononischer Stein s. Leuchtmassen.
Bontri s. Steine V, M, 2, c.

Bor: Boron, neulatein.: borium (von borax, aus Arab. baurach, Persisch bûrah = Metallschmelze); franz.: bore; engl.: boron.

Chemische Natur: Element, Metalloid. In chemischen Verbindungen dreiwertig. Es zeigt Ähnlichkeit einerseits mit Kohlenstoff und Silizium, andererseits mit Aluminium. Zeichen: B. Atomgewicht 11,0[1]). In völlig reinem Zustand ist Bor kaum bekannt.

Formen[2]): Wahrscheinlich 2 Formen, amorphes und kristallisiertes Bor. Sicher ist nur das amorphe Bor. Nach dem Verfahren von Moissan dargestellt ist es ein grünlich-braunschwarzes bis hellbraunes, feines, weiches, geruch- und geschmackloses Pulver. Nach Moissans Angaben enthält es 2% und mehr, nach neueren Angaben 10—20% Verunreinigungen[3]) [4]). Nach der Methode von Weintraub[3]) [4]) läßt sich das amorphe Bor leicht bedeutend reiner (1—2% Verunreinigungen) darstellen; es ist ein schwarzes, hartes Pulver, das, geschmolzen, harte amorphe Stücke mit muscheligen Bruch bildet. — Das kristallisierte Bor ist ebenfalls nicht rein, sondern mit Kohlenstoff und Aluminium verunreinigt erhalten worden. Es werden mehrere, meist drei Varietäten unterschieden: schwarze, undurchsichtige, metallglänzende Blätter; farblose bis honiggelbe, durchsichtige, doppelbrechende, diamantglänzende, (tetragonale) achtseitige Prismen, die an den Enden durch vierseitige Pyramiden begrenzt sind (Habitus daher oft oktaederähnlich) und muscheligen Bruch zeigen („Bordiamanten"); blasige, rote bis hellschokoladenfarbige, glänzende, kristallinische Masse. Die letztgenannte Varietät ist die härteste und dem Diamantboart sehr ähnlich. Manche (besonders Hampe) sehen in der schwarzen und der farblosen Varietät kein freies Bor, sondern ein Aluminiumborid der Formel AlB_{12}, welches Borkohlenstoff der Formel CB_6 in isomorpher Mischung aufzunehmen vermag; in der Regel entspricht die Zusammensetzung etwa der Formel $C_2Al_3B_{48}$ (oder $2CB_6 + 3AlB_{12}$); bei niederer Darstellungstemperatur (schwarzes Bor) verschiebt sich die Zusammensetzung nach der Formel AlB_{12}, bei hoher nach der Formel CB_6 hin. Das frühere sog. graphitartige Bor ist ein Aluminiumborid der Formel AlB_2. — Als Werkstoff wird Bor bisher kaum benutzt; doch lassen manche Eigenschaften eine technische Verwendung aussichtsreich erscheinen. Je nach der Art der Darstellung und der Reinheit schwanken die physikalischen und chemischen Eigenschaften. Manche, besonders ältere Angaben sind wegen der mangelnden Reinheit mit Vorsicht aufzunehmen. Zahlenangaben haben in der Regel nur qualitativen Wert. Im folgenden sind nur die wichtigsten bekannt gewordenen Eigenschaften zusammengestellt[5]). Wegen der sehr großen Verschiedenheiten in ihrem Verhalten werden die beiden Formen des Bors bei den physikalischen und chemischen Eigenschaften getrennt behandelt.

Physikalische Eigenschaften des amorphen Bors[2]):

Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit: Nach älteren Angaben von Despretz, die sich auf unreines Bor beziehen, ist es zwischen den Polen einer Batterie von 600 Bunsenelementen leicht schmelzbar. Nach Moissan wird das Bor im elektrischen Bogen rot, umgibt sich mit einem grünen Lichtschein und verflüchtigt sich dann, ohne zu schmelzen. Nach Weintraub[3]) ist die Dampftension schon bei 1200° merklich; trotzdem kann es sowohl an der Luft, wie im Vakuum geschmolzen werden.

Schmelzpunkt des nach Weintraub[3]) dargestellten Bors oberhalb 2300°, des nach Moissan dargestellten 2200° [6]).

Dichte nach Moissan 2,45. D_{18}^{18} eines von Kroll[4]) nach der Methode von Weintraub dargestellten Pulvers (98,8% B) 1,731.

Die *spez. Wärme* steigt mit der Temperatur; bei 0—100° 0,3066, bei 0—234,3° 0,3573 (nach Moissan und Gautier). Diese Werte lassen sich auf hohes Molekulargewicht deuten.

Atomwärme bei 100° 3,4, bei 400° (extrapoliert) 6,4[7]).

Härte 9,5 (Mohssche Skala)[8]). Nach älteren Angaben ist das nach Moissan dargestellte Pulver weich, Glas nicht ritzend.

Das nach Weintraub[3]) dargestellte Bor ist fast so hart wie Diamant.

Elektrisches Verhalten: In der Kälte ist Bor ein sehr schlechter elektrischer Leiter; sein spez. Widerstand ist etwa 10^{12} mal so groß wie der des Kupfers. Mit wachsender Temperatur steigt die Leitfähigkeit sehr rasch. Bei 1000° ist Bor ein sehr guter Leiter; seine Leitfähigkeit bei dieser Temperatur ist 10000000 mal größer als bei 0°. Der spez. Widerstand des nach Weintraub[3]) dargestellten Bors beträgt bei 0° 2500000, bei 27° 775000, bei 100° 66000, bei 320° 180, bei 600° 4 Ω/qcm. Beimengungen, besonders von Kohlenstoff, erhöhen die Leitfähigkeit und vermindern die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit. Bei einem Gehalt von 7—8% Kohlenstoff fällt der Widerstand ungefähr mit dem des Siliziums zusammen. — Etwas anders scheint das elektrische Verhalten der von Podszus[9]) dargestellten porösen Borfäden zu sein.

Magnetisches Verhalten: Diamagnetisch[10]).

Das *Spektrum* zeigt viele Linien; besonders charakteristisch sind zwei glänzende Linien, eine gelbgrüne und eine lichtgrüne, ferner eine schwach blaugrüne und eine sehr schwache blaue Linie. Die Bunsenflamme wird lebhaft grün gefärbt; bei geringen Mengen tritt nur ein grüner Saum auf.

Physikalische Eigenschaften des krystallisierten Bors[11]):

Schmelzbarkeit: Kristallisiertes Bor zeigt bei Iridiumschmelzhitze (über 2000°) keine Änderung seines Zustandes.

Dichte (nach Hampe) der schwarzen Varietät bei 17,2° 2,5345, der farblosen 2,615.

Die *spez. Wärme* steigt stark mit der Temperatur; bei 0—100° 0,2518 (nach Mixter und Dana).

Atomwärme bei 100° 2,9.

Härte 9,5 (Mohssche Skala). Die schwarze Varietät ist fast so hart wie Diamant. Etwas weicher ist die farblose Varietät, während die rote ebenso hart wie Diamant ist.

Spektrum s. beim amorphen Bor.

Chemische Eigenschaften des amorphen Bors[2]):

Allgemeines chemisches Verhalten: Das stark geglühte amorphe Bor, besonders das nach dem Verfahren von Weintraub[3])[4]) hergestellte, wird durch sämtliche Reagenzien viel schwerer angegriffen als nicht geglühtes. Ungeglüht verhält es sich wie ein Kolloid, absorbiert Gase und zeigt katalytische Eigenschaften ähnlich wie Platinmohr und Kohle. Besonders reaktionsfähig sind die von Podszus[9]) dargestellten porösen Borfäden. Das amorphe Bor vereinigt sich leichter mit Metalloiden als mit Metallen. Sein Reduktionsvermögen ist energischer als das des Kohlenstoffs und Siliziums, deren Oxyde es bei Rotglut zersetzt.

Verhalten gegen Gase: Reines amorphes (nach Moissan dargestelltes) Bor entzündet sich an der Luft erst bei 700° und verbrennt mit rötlicher, in Sauerstoff mit glänzender grüner Flamme; unreines, besonders in flockigem Zustand, entzündet sich oft schon bei geringer Temperaturerhöhung. Beim Glühen in Wasserstoff zeigt das amorphe Bor häufig (das leichte, flockige immer) lebhaftes Verglimmen einzelner Teile und wird dunkler und dichter; das von Podszus[9]) dargestellte poröse Bor verschwindet beim Glühen in Wasserstoff ganz. Auf 200° in Wasserstoff erhitztes und wieder erkaltetes amorphes Bor hat sein Aussehen nicht verändert, entzündet sich aber an der Luft. Nach Moissan verbindet sich amorphes Bor mit Chlor bei 410°, mit Brom bei 700°, mit Stickstoff bei 1200°; nach Berzelius entzündet sich amorphes, im Vakuum bei Zimmertemperatur getrocknetes Bor in Chlorgas schon bei gewöhnlicher Temperatur. Chlorwasserstoff-, Fluorwasserstoff-, Schwefelwasserstoff-, Ammoniakgas werden in der Glühhitze zersetzt. In Stickoxyd verbrennt es nahe der Glühtemperatur, während Stickstoffdioxyd ohne Wirkung bleibt. Kohlenoxyd, Kohlensäure, Schwefeldioxyd werden beim Erhitzen reduziert.

Verhalten gegen Wasser: Das (nach Moissan) frisch bereitete ungeglühte Bor gibt mit reinem Wasser grünlich gelbe Lösungen, die das Verhalten kolloider Lösungen zeigen; durch Elektrolyte (Säuren und Salze) wird es unverändert abgeschieden. Das Wasser wird auch beim Kochen nicht zersetzt, Wasserdampf erst bei Rotglut.

Verhalten gegen sonstige chemische Stoffe: Mit Schwefel, Selen verbindet sich amorphes Bor beim Erhitzen, während es auf Silizium, Phosphor, Arsen, Antimon, Tellur, selbst bei starkem Glühen keine Einwirkung zeigt. Mit Silber, Platin, Magnesium bildet es beim Erhitzen Verbindungen. Mit den Alkalimetallen scheint es sich nicht zu vereinigen. In geschmolzenem Aluminium löst es sich auf und scheidet sich daraus kristallisiert (als Bordiamant) aus. Mit Eisen bildet das Bor erst bei hoher Temperatur Verbindungen; in kleinen Mengen weichem Eisen zugesetzt, verleiht es diesem die Fähigkeit, eine eigentümliche Härtung anzunehmen, welche eine Vermehrung der Belastung ohne merkliche Erhöhung der Härte erlaubt.[11a]) Kupfer, mit dem es sich nicht verbindet, wird durch Bor von Sauerstoff befreit unter Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit[12]).

Zahlreiche Oxyde, Hydroxyde, Säuren und Salze oder Lösungen derselben werden von amorphem (nach Moissan dargestelltem) Bor teilweise schon bei Zimmertemperatur zersetzt. So wird es von Salpetersäure, Königswasser, konz. Schwefelsäure, Jodsäure, Phosphorsäure meist heftig oxydiert; das nach Weintraub[4]) dargestellte Bor löst sich dagegen erst nach längerem Erhitzen in einem Gemisch von Wasserstoffsuperoxyd mit einigen Tropfen Salpetersäure. Kaliumpermanganatlösung wird schon bei Zimmertemperatur entfärbt. Auch die wäßrigen Lösungen von Silbernitrat, Goldchlorid, Platinchlorid, Palladiumchlorür, Eisenchlorid werden in der Kälte reduziert. Beim Verreiben mit Bleisuperoxyd explodiert dieses. In kochenden Alkalilösungen und in Alkalischmelzen löst es sich unter Wasserstoffentwicklung auf. Mit den Nitriten, Nitraten, Chloraten, Sulfiten, Sulfaten, Karbonaten der Alkalien reagiert es heftig, zum Teil unter lebhaftem Verpuffen. Eine Mischung von Salpeter, Bor und Schwefel bildet ein kräftig wirkendes Schießpulver, das schon unterhalb Rotglut explodiert. Ferner reduziert es viele Halogensalze und Sulfide in der Glühhitze (z. B. Chlorsilber, Bleisulfid, Bleichlorid, Bleifluorid, Kadmiumfluorid[13]), Zinkfluorid). In geschmolzenem Kalzium- und Bariumfluorid löst es sich auf und kristallisiert beim Erkalten aus der Schmelze aus[13]).

Chemische Eigenschaften des kristallisierten Bors[11]):

Allgemeines chemisches Verhalten: Das kristallisierte Bor ist gegen chemische Reagenzien sehr viel widerstandsfähiger als das amorphe.

Verhalten gegen Gase: Beim Glühen an der Luft oxydiert es sich selbst bei 2000° noch nicht; höchstens laufen die Kristalle stahlblau an. In Sauerstoff geglüht, oxydiert es sich selbst bei Temperaturen, bei denen Diamant verbrennt, nur oberflächlich. In Chlorgas geglüht, bildet es (zum Teil unter Feuererscheinung) Borchlorid; in Stickstoff geglüht, Bornitrid.

Gegen Wasser verhält sich kristallisiertes Bor völlig indifferent.

Verhalten gegen sonstige Stoffe: Kalilauge und Salzsäure greifen kristallisiertes Bor nicht an. Kochende konz. Schwefelsäure und heiße konz. Salpetersäure bewirken auch bei langer Einwirkung nur einen sehr geringen Angriff. Auch Königswasser wirkt nur sehr langsam ein. Kaliumbisulfat und Phosphorsäure oxydieren bei starker Rotglut. Jodsäure wirkt schon bei 200° ein. Geschmolzenes Kaliumhydroyxd, Bleichromat oxydieren kristallisiertes Bor unter Feuererscheinung, während geschmolzener Salpeter ohne Wirkung bleibt. Die Kristalle schmelzen sehr leicht mit Platin zusammen.

Materialprüfung: Qualitativ weist man Bor spektralanalytisch oder mittels der Flammenfärbung (Erhitzen einer mit konz. Schwefelsäure befeuchteten Probe in der Bunsenflamme) nach. Schwerlösliche Stoffe sind zuvor mit Natriumkarbonat oder Kaliumbisulfat aufzuschließen. Kupfer, welches ebenfalls eine grüne Flamme gibt, ist bei der Prüfung mittels Flammenfärbung vorher zu entfernen (durch Ausfällen mit Schwefelwasserstoff). Besonders empfindlich ist auch folgende Probe: Man übergießt mit Alkohol und konz. Schwefelsäure, entzündet den Alkohol und prüft die Flammenfärbung unter Umrühren. Über die Analyse von Borpräparaten s. die analytischen Handbücher, von freiem Bor s. Kroll[4]). Einfache Prüfungsverfahren zur Ermittlung des Borgehaltes in Präparaten von freiem Bor sind nicht bekannt.

Haltbarkeit: Ein Teil der Borpräparate zeichnet sich durch große Beständigkeit aus; ein anderer Teil (amorphes, pulverförmiges, poröses Bor) ist dagegen unter Umständen selbstentzündlich, besonders bei Temperaturerhöhung, und darum mit Vorsicht aufzubewahren.

Bearbeitbarkeit des Bors: Hierüber ist noch wenig bekannt. Amorphes Bor (nach Moissan dargestellt) ist weich, haftend, so daß es abfärbt, und läßt sich unter starkem Druck zusammenpressen. Bei sehr hohen Temperaturen (2500°) läßt es sich schmelzen. Als Material für Formen zur Herstellung von Gegenständen aus geschmolzenem Bor empfiehlt Weintraub[3]) Bornitrid. Über die Herstellung von Drähten und Fäden s.[3]) und [9]). — Von dem kristallisierten Bor ist die schwarze Varietät sehr spaltbar und zerbrechlich und leicht zu einem braunroten Pulver zerreiblich. Auch die farblose Varietät ist leicht zerbrechlich, während die rote Varietät schwer zerdrückbar ist.

Verwendbarkeit: Die elektrischen Eigenschaften lassen das geschmolzene Bor hervorragend zur Anwendung in der Elektrotechnik geeignet erscheinen. So könnte das Bor infolge der starken Temperaturabhängigkeit des Widerstandes zu genauen Temperatur- und Strahlungsmessungen, sowie zur Temperaturregulierung benutzt werden[3]). Wegen seiner dem Platin sehr ähnlichen katalytischen Wirkung ist das amorphe Bor zur Herstellung von positiven Polen in galvanischen Elementen empfohlen worden[14]). Auch als Schleifmaterial könnte das Bor verwendet werden, wenn es sich technisch leichter in weniger

zerbrechlicher Form darstellen ließe. In der Chemie und chemischen Technik kann es als Ersatz von Kohle, Silizium, Aluminium bei der Reduktion von Oxyden und anderen Verbindungen, besonders zur Gewinnung von Metallen, ferner zur Darstellung von Boriden, als Zusatz zu Metallen, um sie zu härten (Eisen) oder von Sauerstoff zu befreien (Kupfer), benutzt werden.

Literatur:

1. Internationale Atomgewicht-Kommission seit 1903, bzw. 1907. Brauner, Abeggs Handbuch der anorg. Chemie III, **1**, 5 (1906).
2. Vergl. Gmelin-Kraut-Friedheim, Handbuch der anorg. Chemie I, **3**, 386 u. 871 (1911). Abegg, Handbuch der anorg. Chemie III, **1**, 12 (1906).
3. Weintraub, Trans. Amer. Electrochem. Soc. **16**, 165 (1909); Chem. News **104**, 157 (1911); Journ. of Ind. and Engin. Chem. **3**, 299; **5**, 106; Zentrbl. **1911 II**, 125; **1913 I**, 1327.
4. Kroll, Z. anorg. Ch. **102**, 3 (1918); Diss. Berlin, Techn. Hochschule 1916 (Verlag Robert Noske, Leipzig). Vgl. auch Allgem. Elektrizitätsgesellschaft in Berlin, DRP. 241 423, 289 864.
5. Weiteres s. in den unter 2. angeführten Handbüchern.
6. Tiede und Birnbräuer, Z. anorg. Ch. **87**, 129 (1914).
7. Bei 50° abs. 0,24; vgl. Dewar, Proc. Royal Soc. London **89**, A. 158 (1913); Zentrbl. **1913 II**, 1360.
8. Rydberg, Z. physik. Ch. **33**, 353 (1900).
9. Podszus, Z. anorg. Ch. **99**, 128 (1917). Vgl. auch Podszus, DRP. 296 483, 296 867, 296 939 und Ehrich u. Graetz, DRP. 289 063.
10. Pascal, Compt. rend. **158**, 1895 (1914). Owen, Ann. Phys. (4) **37**, 657 (1912). Honda, Ann. Phys. (4) **32**, 1027 (1910).
11. Gmelin-Kraut-Friedheim, Handbuch der anorgan. Chemie I **3**, 392 (1911); II, **2**, 645, 656 (1909). Abegg, Handbuch der anorgan. Chemie III, **1**, 17 (1906).

11a. Moissan u. Charpy, Compt. rend **120**, 130 (1895); Bull. Soc. chim. (3) **13**, 953 (1895); Zentrbl. **1895 I**, 564; **II**, 1068.

12. Weintraub, Chem. News. **103**, 187 (1911); Electrician **67**, 97 (1911).
13. Giebelhausen, Z. anorg. Ch. **91**, 262 (1915).
14. Warren, Chem. News **74**, 64 (1896).

E. Groschuff.

Borax s. Natriumborat.
Boraxgips s. Steine V, A, 2.
Bordelaiserbrühe s. Kupfersulfat; Desinfektionsmittel 54.
Bordiamant s. Borkarbid; Bor.
Boreasstahl s. Eisen V, 10.

Borkarbid, Chem. Zus.: B_6C. Schwarze, sehr harte, aber leicht zerreibliche, metallglänzende Flitter. Die Härte ist größer als die des Siliziumkarbids. Spez. Gew. 2,54. Leiter des elektrischen Stromes.

Beim Erhitzen auf etwa 500° C im Sauerstoffstrome verbrennt Borkarbid zu Bortrioxyd B_2O_3 und Kohlensäure. Beim Glühen im Chlorstrome bildet sich Bortrichlorid unter Abscheidung von Kohlenstoff. Durch Schmelzen mit Alkalihydroxyden oder Alkalikarbonaten wird Borkarbid zersetzt.

Verwendung: Borkarbid dient zur Herstellung von Schleifscheiben, zum Schleifen von Diamanten, als Gesteinsbohrer zum Bearbeiten harter Steine, von Schmirgel- und Karborundumscheiben, zum Schneiden von Glas, zum Ziehen von Draht, zum Legieren mit Metallen; ferner zur Herstellung von Elektroden und elektrischen Widerstandskörpern, von Glühfäden.

Borkarbid ist für viele Zwecke ein guter Ersatz für Diamant.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **3**.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chem. **1**, 3.

Ed. Schenk.

Borneol s. Kampfer.
Bornylchlorid s. Kampfer.
Boroglyzerin s. Borsäure.

Borsäure, lat.: Acidum boricum; frz.: Acide borique; engl. Boracic acid. Chem. Zus.: $B(OH)_3$. Mol.-Gew. 62,0. B_2O_3: 56,45%, H_2O: 43,55%. Weiße bis durchscheinende sechsseitige, schuppige Blätter, die sich fettig anfühlen. Triklin pinakoidal, $a : b : c = 1{,}7239 : 1 : 0{,}9228$; $\alpha = 92° 30'$; $\beta = 104° 25'$; $\gamma = 89° 49'$. Die Kristalle zeigen ziemlich stark negative Doppelbrechung. Härte 3, spez. Gew. 1,54/0°. Bildungswärme $B_2O_3 + 3H_2O$ (fl.) $= H_3BO_3$ (krist.) + 16,8 kcal. Dissoziationswärme bei 18,2°: —3,86 kcal. Lösungswärme für 1 Mol. in 800 Mol. Wasser = —10,78 kcal. Neutralisationswärme: $2H_3BO_3.aq + NaOH.aq$ = 129 kcal.

Borsäure ist in Wasser löslich.

Volumgewicht der Lösungen in Wasser von 15° (Anthon, Stolba):

Vol.-Gew.	Proz. H_3BO_3
1,0034	1
1,0069	2
1,0106	3
1,0147	4

100 ccm Wasser lösen bei verschiedenen Temperaturen folgende Mengen Borsäure und Borsäureanhydrid (s. u.):

Temperatur	g H_3BO_3	g B_2O_3
0°	1,947	1,100
12°	2,920	1,650
20°	3,992	2,249
40°	6,991	3,950
62°	11,416	6,450
80°	16,815	9,500
102°	29,116	16,450

Beim Lösen von 1 Mol. H_3BO_3 in Wasser findet eine Volumkontraktion von 6,9 ccm bei einer Wärmeentwicklung von 52,274 kcal statt.

Die Löslichkeit von Borsäure in Wasser wird erhöht durch die Gegenwart von Borax, Alkalinitrat, Alkalisulfat, Kaliumchlorid, Azeton, Harnstoff. Eine kochende gesättigte Borsäurelösung nimmt auf Zusatz von Magnesiumoxyd weitere Borsäure auf. Eine beständige 10%ige Borsäurelösung vom spez. Gew. 1,044 kann man aus 10 g Borsäure, 1,4 g Magnesiumkarbonat in 100 ccm dest. Wasser bereiten; eine 20%ige Lösung (spez. Gew. 1,088) erhält man aus 20 g Borsäure und 3,5 g Magnesiumkarbonat in 100 ccm Wasser.

Borsäure ist in Alkohol und Ölen löslich. 100 T. Alkohol lösen 16,6 T. Borsäure. Löslichkeit in Glyzerin:

100 T. Glyzerin von $D_{15,5}^{0} = 1{,}260$ lösen nach Hooper bei

Temp.	T. H_3BO_3	Temp.	T. H_3BO_3
0°	20	60°	50
10°	24	70°	56
20°	28	80°	61
30°	33	90°	67
40°	38	109°	72
50°	44		

Unlöslich in wasserfreiem Äther, löslich in Azeton.

Löslichkeit von Borsäure in Azeton (W. Herz und M. Knoch):

Wasser	Azeton	Borsäure
100	0	79,15
80	20	81,71
70	30	83,35
60	40	82,74
50	50	81,61
40	60	76,4
30	70	67,62
20	80	53,05
0	100	8,06

Löslich in Essigsäure, Chloroform. Borsäure löst sich in konz. Schwefelsäure bes. in der Wärme in reichlicher Menge zu einer farblosen dicken Masse.

Die konz. Borsäurelösung färbt Lackmustinktur heiß zwiebelrot, kalt weinrot. Kurkumapapier wird braun, auf Zusatz von Ammoniak violett gefärbt.

Beim Eindampfen von Borsäurelösung mit Schwefelsäure entsteht eine zähflüssige bis glasharte Masse.

Chemische Eigenschaften: Beim Erhitzen der Kristalle auf 100° entweicht ein Teil des Kristallwassers unter Bildung von Metaborsäure (HBO_2), wobei geringe Mengen Borsäure entweichen. Bei 140° entsteht $H_2B_4O_7$. Beim Glühen bildet sich unter Entweichen allen Wassers unter starkem Aufschäumen und unter Verlust eines Teiles der Borsäure eine glasige Masse vom Schmp. 1300°: Borsäureanhydrid, B_2O_3. Diese ist hart und spröde und besitzt schwach bitteren Geschmack. Borsäureanhydrid ist ziemlich feuerbeständig und verdampft erst bei etwa 1500° vollständig.

Aus Natriumsuperoxyd und Bariumsuperoxyd entstehen mit Borsäure die entsprechenden Perborate, $Na_2B_4O_8.10H_2O$ resp. $BaB_4O_8.3H_2O$.

Beim Eindampfen von Borsäure mit Ammoniak und Glühen des Rückstandes unter Luftabschluß entsteht weißes erdiges Bornitrid (BN). Die wässrige Lösung der Borsäure zersetzt in der Kälte oder beim Kochen die Alkalihalogenide unter Freiwerden der Halogenwasserstoffsäuren. Lösungen von Alkalibikarbonaten werden durch Borsäure nicht zersetzt. Erst auf Zusatz von Glyzerin, Mannit, Erythrit wirken beide unter Kohlensäureentwicklung aufeinander ein. Kaliumchromat wird durch wässrige Borsäure in Kaliumbichromat umgewandelt.

Borsäure färbt die Bunsenflamme schön grün, eine alkoholische Lösung von Borsäure verbrennt mit schön grün gesäumter Flamme.

Borsäureanhydrid wird durch Alkalimetalle oder met. Magnesium leicht zu met. Bor reduziert. Beim Schmelzen von Borsäureanhydrid mit Kohlenstoff im elektr. Ofen entsteht Borkarbid (B_6C). Fluorwasserstoff bildet Bortrifluorid (BFl_3). Geschmolzenes Bortrioxyd löst die Oxyde der Erdalkalien, von Magnesium, Zink, Mangan, Blei und Wismut zu klaren Gläsern, die mit Ausnahme von Blei- und Wismutoxyd bei größerem Zusatz undurchsichtig werden. Beim Erhitzen von Bortrioxyd mit Alkoholen auf 120° entstehen dreibasische Borsäureester. Verunreinigungen: Sulfate von Ammonium, Kalium, Natrium, Kalzium,

Magnesium, Aluminium, Mangan, Eisen; Kieselsäure und freie Schwefelsäure.

Verwendung: Borsäure dient zur Herstellung von Borax, von met. Bor durch Schmelzen von Borsäureanhydrid mit Natrium unter Luftabschluß, zur Herstellung von Guignets Grün durch Glühen von Kaliumbichromat mit Borsäure, von Sikkativen und Firnissen (Manganboraxfirnis), von Goldfirnissen für Metalle: Lösung von hellem Schellack in Alkohol unter Zusatz von Pikrinsäure und etwa 1½% Borsäure. Ein Zusatz von ½—1½% Borsäure zu Spirituslacken erhöht das Haften an Metallflächen, zur Herstellung von Boroglyzerin durch Erhitzen von 62 T. Borsäure mit 104 T. Glyzerin auf 150°. Borsäure dient als Antiseptikum (s. Desinfektionsmittel 27) und Konservierungsmittel: Boroglyzerinsalbe besteht aus 20 g Lanolin, 5 g Borsäure, 5 g Glyzerin, 5 g Ölsäure und 65 g Vaselin. Brandsalbe stellt man her aus 3 g Borsäure, 10 g essigsaurer Tonerde, 40 g Wasser oder Kalkwasser und 50 g Vaselin (L. Münch, Pharm. Ztrh. 1911, 873), Borwachssalbe enthält 60 g Olivenöl, 30 g gelbes Wachs, 10 g Borsäurepulver, 1 g Silbernitrat (Gibele, Münch. med. Wochenschr. 1909, 2671). Man benutzt Borsäure zum Imprägnieren von Verbandstoffen und zur Herstellung von Streupulvern für die Wundbehandlung. Borsäure wird verwendet zum Vertilgen von Peronospora, Mehltau usw., zum Konservieren von Seefischen, sie ist der wesentliche Bestandteil vieler Konservierungsmittel: „Glacialin" ist eine Lösung von 18 T. Borsäure, 9 T. Borax, 9 T. Glyzerin und 6 T. Zucker (Dingl. Journ. 229, 199). „Doppeltes Aseptin" besteht aus 2 T. Borsäure und 1 T. Kalialaun (D. Ind.-Ztg. 1871, 248). Das Konservesalz von Jannasch (DRP 72887) besteht hauptsächlich aus Borsäure, Natronsalpeter und Kaliumchlorid. Als Zusatz zu Appreturmitteln verhindert es die Pilz- und Schimmelbildung. In der Galvanostegie dient Borsäure als Zusatz zu Vernickelungsbädern, z. B. besteht ein Bad aus 500 g Nickelammoniumsulfat, 250 g Borsäure in 10 L Wasser. Nach Chem. Ztg. Rep. 1911, 468 verwendet man für weiche, porenfreie Nickelniederschläge auf 1 L Bad 72 g Nickelammoniumsulfat, 8 g Nickelsulfat, 8 g Salmiak und 48 g Borsäure. Borsäure wird weiter verwendet in der Ultramarinfabrikation, in der Email-, Steingut-, Fayence- und Glasindustrie zur Herstellung von Glasuren, Emails, optischen Gläsern, zum Glasieren von Porzellan, für künstliche Edelsteine. Ein Zusatz von einigen Prozenten Borsäureanhydrid zum böhmischen Schleifglas bewirkt, daß man dieses noch im Steinkohlenfeuer in bedeckten Häfen schmelzen kann. In Emailsätzen erhöht ein Zusatz von Borsäure die Unangreifbarkeit des Emails gegen Säuren und Alkalien. In der Lederindustrie dient Borsäure zum Entfernen des Kalkes aus den Blößen und zur Zerstörung der Bakterien nach der Kotbeize. Borsäure dient zum Steifen der Wäsche, zum Tränken der Dochte für Paraffin- und Stearinkerzen. Dochtbeize für Stearinkerzen: 3 T. Borsäure, 2 T. Ammoniumsulfat, 2 T. Ammoniumphosphat und 2 T. Schwefelsäure. Für Paraffinkerzen mit einem Gehalte von 10% Stearin verwendet man: 3 Tl. Borsäure, 3 T. Ammoniumphosphat und 3 T. Salpetersäure. In der Seifenfabrikation wird Borsäure als Zusatz besonders für aktiven Sauerstoff enthaltende Seifen und Seifenpulver verwendet. Als Zusatz zu Wollfettpräparaten (Hautsalben). Man verwendet z. B. für Glyzerinsalbe 10,6 g Stärke, die man mit 392 ccm Wasser verkleistert, setzt 3,5 g Borsäure, 0,9 g Karbolsäure, 168 g Glyzerin und etwas Parfüm hinzu. Für Kaseinsalbe verwendet man 840 g Kasein, 88 g Borsäure, etwas Karminlösung und Paraffin. Borsäure dient ferner zum Unverbrennlichmachen von Geweben, in Mischung mit Phosphorsäure als Lötrohrreagens, zum Schweißen von Metallen in der Teerfarbenfabrikation.

Als Ersatz für Borsäure dienen Salizylsäure, essigsaure Tonerde, Salpeter, Borax.

Wirtschaftliches:

Deutscher Außenhandel in Borsäure und Borax nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1905	3802	524	2720	812
1906	3044	691	2795	1039
1907	3286	829	3534	1434
1908	3327	1093	2685	1187
1909	3677	1230	2960	1311
1910	4502	1509	3172	1409
1911	5358	1852	3199	1663
1912	7978	2792	3275	1614
1913	7381	2657	3433	1737

Von der Einfuhr 1913 entfielen auf: Belgien 364,3 t, Frankreich 2872,4 t, Großbritannien 3480,1 t, Italien 367,3 t, Niederlande 276,6 t. Ausgeführt wurden: nach Großbritannien 174,1 t, Niederlande 280,3 t Österreich-Ungarn 353,8 t, Schweiz 461,6 t, Japan 519,4 t.

Preise: Borsäure % kg M.

roh 50,00

raffin. krist. 60,00

	%	kg M.
doppelt raffin. krist.		63,00
„ „ Pulver		67,00
„ „ feinstes Pulver		71,00
„ „ in gr. Schuppen		74,00
chem. rein, weiß, krist. DAV.		72,00
„ „ „ Pulv. DAV.		80,00
„ „ „ feinst. Pulv.		84,00
„ „ „ in gr. Schupp.		86,00
Borsäureanhydrid, techn.		170,00
chem. rein	1 kg	M. 4,00

Bezugsquellen: Gebrüder Borchers, Goslar; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Kassel; Chem. Fabrik Billwärder vorm. Hell u. Sthamer AG., Hamburg; Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer AG., Grünau (Mark); Chem. Fabrik Güstrow Dr. Hillringhaus u. Dr. Heilmann, Güstrow; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Kunheim u. Co., Berlin NW, Dorotheenstr. 26; Reimbold u. Strick, GmbH., Köln a. Rh.; Saccharinfabrik AG. vorm. Fahlberg, List u. Co., Magdeburg-Südost. Anlagen zur Herstellung von Borsäure richtet ein: F. A. Bühler, Berlin-Dahlem, Humboldtstr. 7.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 2.

Ed. Schenk.

Borsäureanhydrid s. Borsäure.
Borsten s. Haare.
Bort s. Steine I, 6.
Borwasser s. Borsäure; Desinfektionsmittel 27.
Bösling s. Textilien (Hanf).
Brack s. Steine I, 3.
Brandelsatz s. Kaliumchlorat.
Brander s. Sprengstoffe VI, a.
Brandsalbe s. Aluminiumazetat (Verwendg.).
Branntwein s. Alkohol.
Brasilettholz s. Holz VII, 67.
Brasilienholz s. Holz VII, 67.
Brassoline s. Plastische Massen 1.
Braunkohle s. Brennstoffe 3.
Braunkohlenbitumen s. Montanwachs.
Braunkohlenpulver s. Farbstoffe I, 19.

Braunkohlenteer oder Braunkohlengeneratorteer (falls der Teer in Generatoren erzeugt wurde). Manche Arten, die in Glashütten oder Stahlwerken und ähnlichen Industrien aus Braunkohle in Generatoren erzeugt werden, heißen wohl auch kurz Glashütten- oder Stahlwerksteer, dabei ist aber zu bedenken, daß in letzteren auch Steinkohlen vergast werden können, daß also dieser Name nicht unbedingt Braunkohlenteer bezeichnen muß.

Gewinnung: Der Braunkohlenteer entfällt bei der Trockendestillation der Braunkohle und kann entweder Hauptprodukt sein wie beim Schwelereibetrieb oder auch bei der zwecks Teergewinnung betriebenen Vergasung der Braunkohle in Generatoren, oder Abfallprodukt, wie bei der Verarbeitung der Braunkohle in Glashütten und Stahlwerken, wo der Hauptzweck die Erzeugung von Generatorgas zum Betriebe von Glas- oder Stahlöfen ist.

Ausgangsmaterial: Wird der Braunkohlenteer als Hauptprodukt erzeugt, wie z. B. im Schwelereibetrieb oder in der Generatorteerschwelerei, so geht man von besonders bitumenreicher Kohle aus, die mehr und höherwertigen Teer gibt als gewöhnliche Feuerkohle. Solche bitumenreiche Kohle heißt im besonderen auch Schwelkohle. Sie findet sich vor allem in Mitteldeutschland, etwa in der Gegend der Städte Halle, Zeitz und Weißenfels. Diese Kohle ist sehr bitumen- und teerreich und gibt einen Teer, der bei der Verarbeitung viel Paraffin liefert, eines der Hauptprodukte der Braunkohlenteeraufarbeitung. Eine Kohle, die beim Behandeln mit Lösungsmitteln viel Extrakt ergibt, liefert auch viel Teer. Ist der Extrakt hart und spröde, so ist außerdem der erzeugte Teer noch paraffinreich, also sehr wertvoll. Einige ausländische Kohlen liefern auch bei geringer Extraktausbeute viel Teer, doch sind das Ausnahmen.

Gewinnung: Zur Gewinnung von Braunkohlenteer dienen die stehenden, kontinuierlich arbeitenden Schwelöfen Rollescher Bauart. Sie sind etwa 6—7 m hoch und aus gußeisernen, jalousieartig übereinandergreifenden Ringen zusammengesetzt, die im Innern eines aus Schamotteziegeln erbauten Schachtes aufeinander gesetzt sind. Zwischen der Schamottewand und den Eisenringen, in einem Raume von etwa 10 cm gleitet die Braunkohle herab und wird dabei von außen durch die Schamottewände hindurch geheizt. Sie verliert ihr Wasser dabei (50—60% der Kohle), zersetzt sich schließlich in dem Maße, wie sie weiter herabgleitet und in heißere Zonen gerät, und verläßt dann am unteren Ende den Ofen als Braunkohlenkoks oder Grudekoks, der von Zeit zu Zeit abgezogen wird, während von oben ständig frische Braunkohle nachgleitet. Die Wasserdämpfe und Teerdämpfe, sowie das bei der Zersetzung der Kohle entstehende Gas ziehen durch die jalousieartigen Schlitze der Eisenringe in das Innere der aus den Ringen gebil-

deten Säule, werden dort abgezogen und zu einer Kondensation geleitet, die in der Regel aus langen Rohren aus Blech besteht, die durch die Luft gekühlt werden. Dort schlagen sich der Teer und die Wasserdämpfe nieder, und die nichtkondensierbaren Gase werden zum Heizen der Schwelöfen benutzt.

Bei der Generatorschwelerei, die namentlich während des Krieges in Aufnahme kam und noch in der Entwicklung steht, erfolgt die Schwelung der Kohle in Zusammenhang mit der Vergasung. Es wird hierbei aber kein Grudekoks erhalten, sondern nur Gas, Schwelwasser und Braunkohlenteer. Die Generatoren bestehen im wesentlichen aus einem gemauerten Schacht, in den man die Kohle schüttet und in dem sie durch am unteren Ende eingeblasene Luft verbrannt wird. Durch die bei der Verbrennung entstehende Hitze wird die über der Feuerzone befindliche Braunkohle erhitzt und werden die flüchtigen Teile abgetrieben, die zusammen mit dem Schwelwasserdampf und dem erzeugten Gas den Generator verlassen.

Bei manchen Generatorsystemen sucht man durch Einhängen von eisernen Rohren eine Kombination von Schwelofen und Generator zu erzielen, doch sind die Versuche in dieser Richtung noch nicht abgeschlossen, wie es überhaupt noch an einer Konstruktion fehlt, um dicht liegende erdige Braunkohle vorteilhaft zu vergasen und zugleich den Teer zu gewinnen. Stückige Braunkohle, wie z. B. böhmische Braunkohle, verarbeitet sich in dieser Hinsicht viel einfacher, weshalb man in manchen Werken die erdige Kohle erst durch Brikettieren in größere festere Stücke überführt.

Ausbeute: Die Ausbeute richtet sich im wesentlichen nach der Art der Kohle und hängt weniger von der Apparatur und Arbeitsweise ab. Die bitumen- und teerreichen Kohlen nehmen leider immer mehr ab. Es gab früher Kohlen, wie den Pyropissit, die 20—30% Teer, auf Trockenkohle berechnet, lieferten, jetzt ist man schon zufrieden, wenn man 5% erhält. Außerdem entfallen noch 50—60% Schwelwasser, zum größten Teil aus der entweichenden Grubenfeuchtigkeit der Kohle bestehend, zum Teil (5—10%) aber auch von der Zersetzung der Kohle selbst herrührend, 20—30% Grudekoks und auf 1 hl Kohle (= etwa 75 kg) etwa 10 cbm Schwelgas. Beim Generatorbetrieb sind die Ergebnisse ähnlich, nur erhält man hier an Stelle des Grudekoks das Schwelgas, und zwar pro Tonne Kohle etwa 1500 cbm Gas von etwa 1200 kcal Heizwert. Da beim Generatorbetrieb die Kohle vollständig vergast wird, so versucht man auch den in der Kohle enthaltenen Stickstoff in Form von Ammoniak zu gewinnen. Man kann rechnen, daß man für jedes in der Kohle enthaltene Kilogramm Stickstoff etwa 3 kg Ammonsulfat erhält.

Eigenschaften der bei der Braunkohlenteerschwelerei erhaltenen Produkte: 1. Teer: Der Teer ist eine dunkelbraune, in der Regel in der Kälte butterartige Masse. Bitumenarme Kohle liefert einen flüssigen Teer, wie z. B. die böhmische Braunkohle. Je fester der Teer ist, um so wertvoller, d. h. um so paraffinreicher ist er in der Regel. Der Teer ist im Gegensatz zum Steinkohlenteer meistens leichter als Wasser und zeigt auch einen ganz anderen, eigenartigen Geruch. Während der Steinkohlenteer fast nur aus aromatischen Kohlenwasserstoffen besteht, enthält der Braunkohlenteer in der Hauptsache aliphatische Kohlenwasserstoffe teils flüssiger, teils fester Art, wie das Paraffin. Außerdem enthält er noch mehr oder weniger große Mengen von Phenolhomologen (5—25%, je nach der Art der angewendeten Kohle). Je ärmer ein Teer an Phenolhomologen ist, um so wertvoller ist er. Die paraffinreichen Teere sind in der Regel auch die phenolärmsten.

Der Teer hat in der Regel ein spez. Gewicht von 0,850—0,950, je leichter er ist, um so besser ist er. Er siedet zwischen etwa 150° und 400°. Der Ausdehnungskoeffizient beträgt etwa 0,0008 für jeden Grad Temperaturerhöhung. Die spez. Wärme ist etwa 0,45, die Verbrennungswärme etwa 9500—10000 kcal. Er ist Nichtleiter für den elektrischen Strom, unlöslich in Wasser, löslich in den meisten organischen Lösungsmitteln. Gegen verdünnte Säuren ist er beständig, von konz. Schwefelsäure wird er teilweise angegriffen und zwar um so mehr, je höher die Temperatur ist. Alkalien lösen die Phenole aus ihm heraus, die übrigen Anteile sind beständig dagegen.

2. Grudekoks: Der Grudekoks besteht aus Kohlenstoff und 15—25% Asche, daneben auch noch, von dem Ablöschen des Koks herrührend, 15—25% Wasser. Sein Heizwert beträgt im Trockenzustand 6—7000 kcal je nach dem Aschegehalt.

3. Schwelgas: Das Schwelgas hat etwa folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	10 bis 20%
Sauerstoff	0,1 „ 3 „
Schwere Kohlenwasserstoffe	1 „ 2 „
Kohlenoxyd	5 „ 15 „
Methan	10 „ 25 „
Wasserstoff	10 „ 30 „
Stickstoff	10 „ 30 „
Schwefelwasserstoff	1 „ 3 „

Sein Heizwert beträgt je nach dem Luftgehalt 1200—3600 kcal.

4. Schwelwasser: Es besteht fast nur aus Wasser, enthält geringe Mengen Ammoniak, etwas Phenol, Schwefelwasserstoff, fein verteilte Teertröpfchen, färbt sich an der Luft rotbraun infolge Oxydation der darin enthaltenen zweiwertigen Phenole. Es ist an sich wertlos und verursacht nur Unkosten bei der Beseitigung bzw. Unschädlichmachung. Auf Felder gebracht hat es einen gewissen Düngwert infolge seines geringen Ammoniakgehaltes.

Aufarbeitung des Braunkohlenteers: Die Aufarbeitung erfolgt ausschließlich durch Destillation. Versuche, durch partielle Auflösung bzw. Fällung mit Lösungsmitteln den Teer aufzuarbeiten, haben bis jetzt noch zu keinem technischen Erfolg geführt. Durch die Destillation wird der Teer in verschieden hoch siedende Fraktionen gespalten, die höher siedenden enthalten außer den Ölen noch das Paraffin, das schließlich durch Ausfrieren und Pressen gewonnen wird. Vor der Abscheidung des Paraffins erfolgt eine chemische Reinigung mit Schwefelsäure und Natronlauge, die bezweckt, färbende und riechende Bestandteile zu entfernen (Behandlung mit Schwefelsäure), sowie die Phenole herauszulösen (Behandlung mit Natronlauge), die die Abscheidung des Paraffins erschweren und den Wert der Öle beeinträchtigen, um so mehr als sie gesundheitsschädlich sind. Neuerdings erfolgt die Reinigung auch im größten Maßstabe durch das von Graefe herrührende Verfahren der Waschung mit Alkohol, das von den Riebeckschen Montanwerken ausgeführt wird. Der Alkohol wirkt ähnlich wie die Natronlauge und entfernt die Phenole, dazu auch noch ungesättigte und aromatische Verbindungen aus dem Teer. Dadurch daß der Alkohol immer wiedergewonnen werden kann, ist das Verfahren außerdem viel billiger, als die chemische Behandlung mit Schwefelsäure und Natronlauge. Die Öle werden oftmals noch durch nochmalige Destillation rektifiziert, das Rohparaffin durch Ausseigerung (Schwitzen) in der Wärme oder auch durch Pressen gereinigt, bis es farb-, geruch- und geschmacklos ist. Die Abscheidung des Paraffins aus den Ölen erfolgt durch starkes Abkühlen der Öle mit Hilfe von Kühlmaschinen, die erstarrten Massen werden dann durch Filterpressen gedrückt, wobei das Rohparaffin, noch mit etwas Öl v ermischt, zurückbleibt; die abfließenden Öle sind dann technisch paraffinfrei.

Die Destillationsweise für die gewonnenen Öle bleibt nicht immer dieselbe, sondern ändert sich manchmal nach den Ansprüchen des Marktes. Früher wurde eine große Anzahl von Ölen erzeugt, wie Benzin, Solaröl, Putzöl, Gelböl, Rotöl, Gasöl, Paraffinöl (siehe darüber die einschlägigen Werke). Jetzt stellt man im allgemeinen nur leichtere und schwerere Öle her. Die leichteren dienen als Leuchtöle, Treiböle für Explosionsmotoren, als Putzmittel, als Lösungsmittel, die schwereren als Treiböle für Verbrennungsmotore (wie Dieselmotoren), als Heizöle und Gasöle. Die leichteren Öle sieden etwa zwischen 150—300°, die schwereren von etwa 250 bis 350°. Die leichteren Öle haben ein spez. Gewicht von 0,850—0,880, die schwereren ein solches von 0,880—0,920. Die viskoseren schweren Öle dienen auch zum Verschneiden der Schmieröle, zur Herstellung von konsistenten Fetten und auch zur Herstellung von Schmieröl selbst durch Behandeln mit Kondensationsmitteln wie Chlorzink, Aluminiumchlorid u. dgl. Aus dem Abgang von der chemischen Reinigung wird Kreosotöl und Asphalt erzeugt, auch ein schweres kreosothaltiges Öl (Fresol), sofern die Behandlung mit Alkohol, wie oben beschrieben, erfolgt. Das Kreosotöl enthält etwa zur Hälfte Phenol und dient als Imprägnationsmittel für Holz. Der Asphalt bildet schwarzglänzende Stücke von etwa 60—100° Schmp. und wird zur Herstellung von billigeren Lacken, wie Eisenlack u. dgl. verwendet.

5. Paraffin. Das Hauptprodukt dem Werte nach ist das Paraffin, wenn es auch nur in Mengen von 10—15% aus dem Teer gewonnen wird. Außer aus dem Braunkohlenteer wird das Paraffin auch aus dem Petroleum gewonnen, sowie aus Schieferteer (in Schottland). Die Gewinnung aus Erdöl ist bei weitem die bedeutendste, erfolgt aber in anderen Ländern, vor allem in Nordamerika, dann Java und Galizien, geringere Mengen werden auch in Rumänien erzeugt. Aus russischem Erdöl wird so gut wie kein Paraffin gewonnen, da weitaus die größte Menge der russischen Öle paraffinfrei oder sehr paraffinarm ist. Die Gewinnung und Reinigung aus Petroleum ist ähnlich der aus Braunkohlenteer. Sie erfolgt gleichfalls durch Ausfrieren und Abpressen der paraffinhaltigen Erdöldestillate, die Reinigung wird dort ausschließlich durch Schwitzen vorgenommen. Das gleiche gilt für die Reinigung des Paraffins, das aus Schieferteer gewonnen wird, wenn sich auch die Reinigung der Schieferteerprodukte mehr an die Aufarbeitungsweise von Braunkohlenteerparaffin anschließt.

Eigenschaften: Das Paraffin bildet weiße, halb durchscheinende Stücke, die bei guter Reinigung geruch- und geschmacklos sein müssen. Der Schmp. schwankt zwischen 40 und 60°, doch kommen auch Schmpp. darüber und darunter vor. Das spez. Gewicht beträgt im festen Zustande 0,880—0,920, im geschmolzenen 0,780—0,785, die spez. Wärme etwa 0,5. Längere Zeit dem Licht ausgesetzt färbt es sich gelblich und zwar um so mehr, je weniger gut es gereinigt war. Es ist ein Nichtleiter der Elektrizität, sein Widerstand beträgt etwa auf 1 cm und 1 qcm Querschnitt 110 MΩ. Die Schmelzwärme beträgt nach Graefe etwa 36 kcal, seine Kontraktion beim Erstarren 11—15%. Es ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in Alkohol, besser in Äther, gut löslich in Benzol und Schwefelkohlenstoff. Von Schwefelsäure wird es in der Kälte fast nicht angegriffen, und im gut gereinigten Zustande auch bei höherer Temperatur wenig, Alkalien greifen es überhaupt nicht an. Im geschmolzenen Zustand, namentlich bei Gegenwart von Alkalien mit Luft behandelt, oxydiert es sich nach und nach unter Bildung von Säuren und Aldehyden, bei höherer Temperatur und bei Anwendung von Sauerstoff findet diese Reaktion sogar ziemlich vollständig statt. Es läßt sich in Formen gießen, und darauf beruht die Herstellung von Kerzen durch Gießen. Es ist brennbar, sein Heizwert beträgt etwa 11000 kcal.

Verwendung: Die Kerzenfabrikation absorbiert wohl die größte Menge des Paraffins, deswegen ist oft mit den Paraffinfabriken gleich eine Kerzenfabrik verbunden. Große Mengen werden ferner gebraucht zum Imprägnieren der schwedischen Streichhölzer. Weitere Mengen dienen zur Herstellung von Isoliermassen in der elektrischen Industrie, zur Herstellung von wasserdichten Geweben und Papieren, zum Vergießen von Konservengläsern, sowie von Verpackungen von Chemikalien, die gegen Einwirkung von Feuchtigkeit und Luft geschützt werden sollen.

Prüfung der Ausgangsmaterialien des Braunkohlenteers, des Teers und seiner Aufarbeitungsprodukte:

Die Prüfung setzt schon bei der Kohle ein. Man verwendet, namentlich in Schwelereibetrieben, wo man die Möglichkeit hat, Schwel- und Feuerkohle auseinanderzuhalten, natürlich die teerreichste Kohle. Die Prüfung auf Teergehalt geschieht durch Probedestillation, dazu genügt schon die Schwelung von etwa 50 g grubenfeuchter Kohle. Die Kohle wird in einer Glasretorte destilliert, der übergehende Teer vom Schwelwasser getrennt, was sich leicht macht, da er meist butterartig in der Kälte erstarrt und dann vom Schwelwasser abgehoben werden kann, und gewogen. Will man auch den Teer prüfen, der aus der Kohle erhalten wurde, so muß man größere Mengen (mehrere kg) Kohle in Arbeit nehmen, so daß man mindestens einige hundert g Teer erhält. Der Teer wird destilliert, so lange bis ein Tropfen auf Eis erstarrt, und der dann übergehende Teil bis zur Trockendestillation des Rückstandes für sich aufgefangen. Der erste Teil heißt das Rohöl und liefert hauptsächlich die leichteren Braunkohlenteeröle, der zweite Teil heißt die Paraffinmasse und liefert das Paraffin und die schweren Braunkohlenteeröle. Die beiden Destillate prüft man auf Kreosot, indem man mit Natronlauge ausschüttelt und die Volumenabnahme bestimmt. Die so vom Kreosot befreite Paraffinmasse untersucht man auf Paraffin, indem man einen Teil abkühlt und in der Kälte abpreßt und den Rückstand, der beim Abpressen hinterbleibt, wägt. Will man eine genaue Paraffinbestimmung vornehmen, die auch die weichen Paraffine berücksichtigt, so löst man etwas von der Paraffinmasse in Ätheralkohol (1 : 1) auf, bis sich die Paraffinmasse restlos löst, kühlt dann in Kältemischung ab und saugt das ausgeschiedene Paraffin rasch ab, das man zur Wägung bringt. Das Paraffin selbst prüft man vor allen Dingen auf seinen Schmp. Dies kann entweder bei kleinen Mengen durch Bestimmung des Erstarrungspunktes in der Kapillare, wie sie in chemischen Laboratorien für organische Präparate üblich ist, geschehen oder dadurch, daß man in das geschmolzene Paraffin ein Thermometer einführt, abkühlen läßt und feststellt, bei welcher Temperatur der Quecksilberfaden lange Zeit stehen bleibt, ein Zeichen, daß das Erstarren eintritt, was sich durch freiwerdende Schmelzwärme verrät. Subjektiv prüft man das Paraffin auf Farblosigkeit und Geruchlosigkeit, evtl. auch durch Kauen auf Geschmacklosigkeit.

Handel: Der Braunkohlenteer bildet nur in geringem Maße einen Handelsgegenstand, da die meisten großen Braunkohlenteerproduzenten den Teer gleich selbst weiterverarbeiten. Nur kleinere Mengen, namentlich solcher Werke, wie Glashütten, Stahlwerke u. dgl., die nicht genügend erzeugen, um eine eigene Aufarbeitung lohnend zu gestalten, kommen in den Handel. Der Braunkohlenteer wird entweder in Kesselwagen ge-

handelt oder in Fässern. Dieser Teer ist dann in der Regel, wo er nicht vorher durch besonderen Prozeß entwässert war, mehr oder weniger wasserhaltig; man läßt sich dann gewöhnlich einen maximalen Wassergehalt garantieren, der Überschuß kann abgezogen werden. Abgeber solchen Braunkohlenteers sind die Glashütten, Stahlwerke und andere Fabrikanlagen mit Generatorbetrieb. Verschiedene Firmen in Deutschland haben sich dem Handel, teilweise auch der Aufarbeitung dieser Teere gewidmet, die viel für minderwertige Schmiermittel oder auch als Brennstoffe verwendet werden.

Die Braunkohlenteerprodukte werden von den Produzenten direkt vertrieben, die teilweise syndiziert sind, wie die Mitteldeutschen Braunkohlenteerschwelereien und -destillationen im Verkaufssyndikat für Paraffinöl in Halle. Hauptproduzent an Braunkohlenteer und Braunkohlenteerprodukten sind die Riebeckschen Montanwerke in Halle, die Werschen-Weißenfelser Braunkohlen-A.-G. in Halle, die Schwelteer gewinnen und verarbeiten, ferner die Deutsche Erdöl-A.-G. in Berlin mit ihrer großen Anlage in Rositz, die Braunkohlenteer nach dem Generatorverfahren erzeugt. In Böhmen gewinnen die Mannesmannröhrenwerke in Komotau aus böhmischer Braunkohle in ihren Generatoren nach dem Mondverfahren Braunkohlenteer, den sie selbst auf Halbprodukte weiterverarbeiten.

Das in Deutschland erzeugte Paraffin kommt nur zum kleinen Teil in den Handel, da die größten Paraffinerzeuger in Deutschland auch zugleich Kerzen herstellen und das Paraffin in Form von Paraffinkerzen, ferner vor dem Kriege auch in Form von Kompositionskerzen, die zu etwa $^2/_3$ aus Paraffin und $^1/_3$ aus Stearin bestanden, vertreiben. Das meiste im Handel befindliche Paraffin ist Petrolparaffin. Die weitaus größte Menge kam vor dem Kriege aus Amerika (sog. refined wax und semirefined wax), weitere jährlich steigende Mengen kamen aus Galizien, geringere Quantitäten, namentlich sehr hochschmelzende Ware (55—60°) aus Java. Das Petrolparaffin riecht weniger, als das Braunkohlenteerparaffin und eignet sich auch aus diesem Grunde besser zum Handelsprodukt, als das Braunkohlenteerparaffin. Die Zentren für den Paraffinhandel waren Hamburg und Halle.

Ersatzstoffe für Paraffin hat es kaum gegeben, da es wesentlich billiger war, als die meisten anderen Produkte (Zeresin, Walrat, Wachs u. dgl.), die als Ersatzprodukte hätten dienen können. Aus dem Grunde war es auch nicht verfälscht. Die wertvollsten Eigenschaften des Paraffins sind seine vollkommene Unschädlichkeit, seine Geruch- und Geschmacklosigkeit, sowie Unlöslichkeit in Wasser. Da es aus reinen Kohlenwasserstoffen besteht, ohne Gehalt an Sauerstoff (wie z. B. in Stearinsäure oder Wachs), gibt es auch als Kerze den größten Lichteffekt. Gewöhnlich gelten die Stearinkerzen im Handel als besser, sie haben aber nur den einzigen Vorteil, daß sie sich in der Wärme nicht so leicht biegen, wie die Paraffinkerzen. Dieser Übelstand der Paraffinkerzen ist aber schon seit mehreren Jahrzehnten, seit man nur die härteren Paraffinsorten zur Herstellung von Kerzen benutzt, ziemlich beseitigt oder gemildert. Die Not an Fetten wird mehr für die Verbreitung der Paraffinkerzen sorgen, als alle sonstige Propaganda. Das Paraffin kommt in Tafeln von 1—10 kg in den Handel.

Preise: Die Preise für Braunkohlenteerprodukte haben infolge des Krieges großen Schwankungen unterlegen und sind noch ständig im Fluß, so daß sich Normen dafür jetzt nicht angeben lassen. Die Vorkriegspreise waren etwa für Braunkohlenteer (Schwelteer) 5—6 M. für 100 kg, Generatorteer (Glashütten- und Stahlwerksteer) 1—2 M., Braunkohlenteeröl 10—15 M., Paraffin je nach dem Schmp. 40—60 M. Während des Krieges sind bezahlt worden im freien Handel für Teer bis zu 60 M., Öl über 100 M., Paraffin 2500 M.; nach dem Kriege sind die Preise entsprechend zurückgegangen. Mitte 1919 wurde bezahlt für Teer etwa 40 M., Öl 40—80 M., Paraffin 770—1000 M. für 100 kg. Anfangs 1920 sind die Preise wieder wesentlich gestiegen, teilweise auf das 5—6 fache, mit Ausnahme von Paraffin, das im freien Handel etwa das Doppelte kostete.

Volkswirtschaftliches: Die Braunkohlenteerindustrie und verwandte Industrien, wie Schiefer- und Torfschwelereien, zeigten im Jahre 1911 und 1912 folgenden Stand:

(Tabelle s. S. 122.)

Im Kriege hat eine wesentliche Vermehrung der Braunkohlenteer erzeugenden Betriebe stattgefunden, vor allem durch die große Anlage der Deutschen Erdöl-A.-G. in Rositz, die etwa 60—80000 t Teer erzeugt; weitere Anlagen, wie die der Rütgerswerke in Lützkendorf und die des sächsischen Staates in Hirschfelde sind im Bau, und viele Generatoren verwendende Betriebe wollen auch zur Gewinnung der Nebenprodukte übergehen, so daß man schließen kann, daß in den nächsten Jahren etwa 3—400000 t Braunkohlenteer gewonnen werden. Die

Bundesstaaten	Im Jahre	Zahl der Betriebe	Zahl der berufsgenossenschaftlich versich. Personen	Betrag der Löhne u. Gehälter dieser Personen dieser 1000 M.	Braunkohlen, bitumin. Schiefer und Torf wurden verschwelt aus eigenen und anderen inländ. Gruben Menge in t	Wert 1000 M.
1. Preußen	1911	29	905	1129	1 163 572	3192
Provinz Sachsen	1912	27	936	1189	1 237 199	3458
2. Hessen	1911	3	128	161	206 882	353
Oldenburg	1912	3	134	182	209 768	592
Anhalt	1911	32	1033	1290	1 370 454	3545
Deutsches Reich	1912	30	1070	1371	1 446 967	4050

Bundesstaaten	Jahreserzeugung Teer Menge t	Teer Wert 1000 M.	Koks Menge t	Koks Wert 1000 M.	Nebenprodukte Menge t	Nebenprodukte Wert 1000 M.
1. Preußen	60 741	3006	392 692	4370	2135	372
Provinz Sachsen	65 657	3502	418 633	4598	2281	420
2. Hessen	14 446	581	12 866	218	—	—
Oldenburg	14 162	740	12 997	230	—	—
Anhalt	75 187	3587	405 558	4588	2135	372
Deutsches Reich	79 819	4242	431 630	4828	2281	430

Weltproduktion an Paraffin ist zur Zeit nicht genau festzustellen, da alle statistischen Unterlagen fehlen, sie ist aber auf mehrere hunderttausend Tonnen zu schätzen.

Literatur:

E. Erdmann, Die Chemie der Braunkohle, Halle a. S. 1907. Scheithauer, Die Fabrikation der Mineralöle, Braunschweig 1895. E. Graefe, Die Braunkohlenteer-Industrie, Halle a. S. 1906. Derselbe, Laboratoriumsbuch für die Braunkohlenteer-Industrie, Halle a. S. 1908. Scheithauer, Die Braunkohlenteer-Industrieprodukte und das Ölgas, Hannover 1907. Derselbe, Die Schwelteere, Leipzig 1911.

E. Graefe.

Braunschliff s. Papier.
Braunschweigerblau s. Farbstoffe I, 7; **-grün** 51.
Braunspat s. Steine II, B, 3.
Braunstein s. Manganoxyde 5; Farbstoffe I, 61.
Breccien s. Steine II, X, 30.
Brechweinstein s. Kaliumantimonyltartrat.
Brelit s. Steine V, A, 6.
Bremerblau s. Farbstoffe I, 54; **-schwarz** 81.
Brendelsche Platten s. Steine V, A, 2.
Brennen für Metalle s. Salpetersäure.
Brennesselfaser s. Textilien A, II, b, 5; B, III, 9; C, II, 9.

Brennstoffe, feste (außer Holz):

Seite
1. Steinkohle 122
2. Steinkohlenkoks 137
3. Braunkohle 141
4. Torf 145
5. Holzkohle 148

1. Steinkohle, franz.: houille (charbon de terre); engl.: (mineral) coal.

Als Steinkohle wird der bei weitem wichtigste fossile Brennstoff bezeichnet, dessen Hauptvorkommnisse im oberen Karbon liegen, der in unbedeutenderen Vorkommnissen sich aber auch in älteren Schichten (Silur, Devon) und jüngeren Schichten (bis zur Kreide) findet.

Wie alle fossilen Brennstoffe, so sind auch die Steinkohlen hervorgegangen aus organischem Material, das durch einen als „Inkohlung" bezeichneten Vorgang im Laufe geologischer Zeiträume zu Kohle umgewandelt ist. Dem Inkohlungsvorgang sind sowohl pflanzliche wie tierische

Organismen anheimgefallen. Kohlen, an deren Bildung überwiegend Landpflanzen beteiligt sind, werden als Humuskohlen bezeichnet, solche, bei deren Bildung tierische Organismen, namentlich kleine Wasserbewohner, und echte Wasserpflanzen die Hauptrolle spielen, werden als Sapropelkohlen bezeichnet. Über die Unterschiede zwischen Humus- und Sapropelsteinkohlen s. unten.

Chemische Natur. Allgemeines über Zusammensetzung. Entsprechend der Entstehung der Steinkohlen aus organischem Material finden sich die gleichen Elemente darin wieder, die am Aufbau der Organismen teilgehabt hatten. Zunächst lassen sich die sehr zahlreichen Bestandteile, die in ihrer Gesamtheit die Steinkohlen bilden, in drei Gruppen zusammenfassen:

1. die eigentliche organische Substanz, Reinkohle genannt,
2. die Mineralbestandteile, die Asche und
3. Wasser.

Die Reinkohlensubstanz ist zweifellos ein kompliziertes Gemisch hochmolekularer organischer Verbindungen, freier Kohlenstoff findet sich nicht darin. Folgende Elemente nehmen am Aufbau der Reinkohlensubstanz teil: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel. Stickstoff und Schwefel entstammen zweifellos den Eiweißstoffen der Organismen, aus denen sich die Kohlen gebildet haben. Phosphorsäure, die ebenfalls ein nie fehlender Bestandteil der Eiweißstoffe ist, findet sich anscheinend nicht mehr in organischer Bindung in den Steinkohlen, sondern bildet einen Bestandteil der Asche. Auch vom Schwefel kann nur ein Teil als zur Reinkohlensubstanz gehörend betrachtet werden, z. T. ist er in anorganischer Bindung, hauptsächlich als Schwefeleisen in der Kohle vorhanden.

Die wichtigsten Bestandteile der Reinkohlensubstanz sind: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Vom prozentualen Mengenverhältnis, in dem sich diese Stoffe in der Kohle finden, sind die wertbestimmenden Eigenschaften der Kohlen in hohem Maße abhängig. Im allgemeinen kann man sagen, daß der Gehalt der Kohlensubstanz an Kohlenstoff mit zunehmendem Alter der Kohle zunimmt; parallel mit dieser Zunahme geht ein Rückgang des Sauerstoffgehalts. Weniger beträchtlich sind die Änderungen im Wasserstoffgehalt. Nachstehende Tafel zeigt in Durchschnittszahlen die Verschiebung des Mengenverhältnisses der genannten Elemente im Entwicklungsgang der Kohlen:

	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff %
Zellstoff	44,4	6,2	49,4
Jüngerer Torf	54	6	40
Aelterer Torf	60	6	34
Braunkohle	65—70	5,5—6,0	20—25
Steinkohle	80—90	4,0—5,5	4—15
Anthrazit	95	2—3	2—3

Wenn auch Näheres über die Art der Verbindungen, zu denen diese Elementarbestandteile der Reinkohlensubstanz in der Steinkohle vereinigt sind, noch unbekannt ist, so haben doch die Arbeiten der letzten Jahre, besonders auch während des großen Krieges, einige Aufschlüsse über diese Fragen gebracht. Es hat sich gezeigt, daß mittels organischer Lösungsmittel (Äther, Chloroform, Phenol, Benzol, Pyridin) den Steinkohlen gewisse Mengen Extraktstoffe entzogen werden können. In dem Benzolauszug konnten Pictet-Ramseyer[1]) Hexahydrofluoren, $C_{13}H_{16}$, identifizieren, einen Stoff, den Pictet-Bouvier[2]) dann auch im Vakuumteer nachweisen konnten. Außerdem stellten die genannten Forscher die Gegenwart hydroaromatischer Kohlenwasserstoffe der Formel C_nH_{2n} in den Kohleextrakten fest, also Kohlenwasserstoffe, wie sie an der Zusammensetzung des Erdöles wesentlichen Anteil haben. Wichtig ist auch die Tatsache, daß die aromatischen Kohlenwasserstoffe, vor allem Naphtalin, Anthrazen in diesem Teer fehlen. Ferner wurde die optische Aktivität des Benzolextraktes nachgewiesen, eine Tatsache, die beweist, daß die Bildung der Kohlen ohne Einwirkung hoher Temperaturen vor sich gegangen ist. Die Extraktion mit Benzol ist dann von F. Fischer[3]) und seinen Mitarbeitern dadurch wirkungsvoller gestaltet worden, daß er die Extraktion bei 270° unter Druck vor sich gehen ließ. Aus dem Extrakt ließ sich ein goldrotes dickflüssiges Öl isolieren, das auch direkt aus der Kohle durch Extraktion mit flüssiger schwefliger Säure erhalten wurde.

Besonders wichtige Hinweise auf die Zusammensetzung der Kohle gibt aber die Untersuchung der sog. Tieftemperaturteere, die erhalten werden, wenn die Destillation der Kohle bei niedrigen Temperaturen, etwa bis 450°, durchgeführt wird unter Vermeidung von Überhitzung der entweichenden Teerdämpfe. Die ersten Versuche über Destillation von Kohle bei tiefen Temperaturen hat Börnstein[4]) angestellt, nach ihm Jones-Wheeler[5]), Parr-Olin[6]) und andere, in Deutschland vor allem F. Fischer und

seine Mitarbeiter[7]), welch letztere Forscher sich vor allem um die Untersuchung des Teeres (Tieftemperaturteer oder Urteer) verdient gemacht haben. Man kann annehmen, daß sich in diesem Teer die Hauptmenge der flüchtigen Kohlebestandteile in unverändertem oder wenig verändertem Zustand findet, so daß aus den Ergebnissen der Untersuchung des Teeres Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Kohle zulässig sind. Nachstehende Zusammenstellung gibt die Zusammensetzung[8]) eines Urteers aus Fettkohle und eines solchen aus Gasflammkohle an:

Urteer aus	Fettkohle %	Gasflammkohle %
Viskose Öle (Schmieröle)	15,2	10,0
Paraffin	0,4	1,0
Nichtviskose Öle	33,5	15,0
Phenole	14,0	50,0
Harz	4,2	1,0
Pech	19,2	6,0
Verlust u. Wasser	13,5	17,0

Die Teerausbeute aus Fettkohle betrug 3%, aus der Gasflammkohle 10%, an Gas erhielt man aus 100 kg Fettkohle 4 cbm, aus der Gasflammkohle 6 cbm. Die Schmieröle sind goldrote, angenehm riechende Öle von hoher Viskosität, identisch vermutlich mit dem durch schweflige Säure bzw. Benzol extrahierbaren Öl, die nicht viskosen Öle haben petroleumähnlichen Charakter, enthalten ungesättigte Kohlenwasserstoffe und typische Naphtene der Formel C_nH_{2n}; aus dem Gas sowie aus dem Teer lassen sich ganz leicht siedende aliphatische Kohlenwasserstoffe, Benzin, zusammen etwa in Menge von 0,4—0,6% auf die angewandte Kohle, isolieren. In den Phenolen sind die höheren Glieder der homologen Reihe von den Kresolen an aufwärts vorhanden. Von diesen Phenolen abgesehen ergibt die Destillation der Steinkohle bei niederer Temperatur ganz die gleichen Produkte wie die Petroleumraffination: Benzine, petroleumartige Öle, Schmieröle, Paraffin. Als Rückstand verbleibt der sog. Halbkoks (s. 2).

Diese neuesten Forschungsergebnisse zeigen, eine wie außerordentlich weitgehende Analogie zwischen Petroleum und Steinkohlen besteht, und sie bestätigen eine von Donath[9]) ausgesprochene Ansicht: „Steinkohle ist ein Gemisch von festem Verkohlungsrückstand mit anfangs flüssig gewesenen, später fest gewordenen Stoffen verschiedener Beschaffenheit".

Über die Natur der Verbindungen, in denen sich der Stickstoff in den Steinkohlen befindet, ist noch nichts bekannt. Man wird nicht fehlgehen mit der Annahme, daß sich dieses Element in Umwandlungsprodukten aus den Eiweißstoffen der kohlebildenden Organismen in der Kohle findet, aus denen es bei der trocknen Destillation der Kohle z. T. als Ammoniak, z. T. in Form zyklischer Basen (Pyridin und Homologe) abgespalten wird. Auch der Schwefel der Steinkohle stammt z. T. aus den Eiweißstoffen der kohlebildenden Organismen. Er findet sich nur noch zum geringsten Teil in organischer Bindung, zum größten Teil findet er sich in Form von Schwefeleisen (Schwefelkies), bisweilen auch in Form von Gips. In diesen beiden letzteren Formen rechnet er nicht mehr mit zu den Bestandteilen der Reinkohlensubstanz, sondern zu den Mineralbestandteilen.

Die Mineralbestandteile oder der Aschegehalt der Steinkohlen haben in der Hauptsache einen doppelten Ursprung. Zum Teil entstammen sie den Mineralbestandteilen der Organismen, die durch den Inkohlungsvorgang in fossilen Brennstoff verwandelt worden sind, und die bei diesem Vorgang mehr oder weniger erhalten geblieben sind. Hierzu gehören die stets, wenn auch meist nur in geringen Mengen vorhandenen Phosphate. Die Hauptmenge des Aschengehaltes ist mit den kohlebildenden Organismen in den Gewässern, unter deren Spiegel die Kohlenbildung begonnen hat, niedergefallen und entstammt dem Schlamm und den Trübungen, welche die einmündenden Flüsse mit sich brachten oder die durch Winde in die Gewässer geweht wurden. In geringem Maße kommen noch spätere Mineralinfiltrationen vor, die durch Wasserzirkulation in der mehr oder weniger weit fertig gebildeten Kohle in dieser in Klüften, Spalten, auf Schichtflächen abgelagert wurden. Die wichtigsten Aschebestandteile der Steinkohlenaschen sind: Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Alkalien, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure. Die Zusammensetzung der Asche ist insofern von großer praktischer Bedeutung, als davon die Schmelzbarkeit der Schlacke abhängt. Nach sehr eingehenden Versuchen von Constam[10]) liegen die Schmelzpunkte für Steinkohlenaschen zwischen 1150° und 1700°, die Höhe des Schmelzpunktes wird wesentlich beeinflußt durch die Zusammensetzung der Asche. Aschen mit hohem Tonerdegehalt sind strengflüssig, höherer Gehalt an Schwefelkies drückt den Schmelzpunkt herab. S. a. 2. Bestimmte Angaben über

die Höhe des Aschengehaltes lassen sich nicht machen; wenn es schon erfahrungsgemäß Kohlengebiete mit durchschnittlich niedrigem und anderseits solche mit durchschnittlich hohem Aschegehalt gibt, so können doch lokal in aschearmen Gebieten auch Kohlen mit hohem Aschegehalt gefördert werden.

Der dritte Hauptbestandteil der Steinkohlen ist das Wasser. Jede Steinkohle, auch wenn sie äußerlich nicht die geringste Spur Feuchtigkeit erkennen läßt, enthält Wasser. Dieses in der Kohle enthaltene Wasser bezeichnet man als hygroskopisches Wasser im Gegensatz zu der sog. groben Feuchtigkeit. Mit diesem letzteren Ausdruck bezeichnet man das der Kohle äußerlich erkennbar anhaftende Wasser. Bei frisch geförderter Kohle bezeichnet man dieses äußerlich anhaftende Wasser auch als Grubenfeuchtigkeit. Bei Liegen an trockener Luft verlieren die Kohlen die grobe bzw. Grubenfeuchtigkeit und gehen in den lufttrockenen Zustand über. Dabei bleibt aber der innere Wassergehalt, die hygroskopische Feuchtigkeit erhalten. Während der Gehalt an grober Feuchtigkeit in seiner Höhe keinerlei Gesetzmäßigkeiten unterliegt, ist der Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit eine für das Alter und die Herkunft der Kohle sehr charakteristische Größe. Im allgemeinen sinkt dieser Gehalt mit zunehmendem Alter der Kohle, oder was etwa auf dasselbe herauskommt, mit sinkendem Sauerstoffgehalt der Reinkohlensubstanz.

Allgemeine Eigenschaften und Klassifikation der Steinkohlen.

Aussehen. Die Steinkohle bilden schwarze Massen, entweder von lebhaftem Glanz und stark ausgeprägter Spaltbarkeit (Glanzkohle) oder von matterem Aussehen, größerer Festigkeit und fehlender Spaltbarkeit (Mattkohle). Während die Glanzkohle für sich allein flözbildend auftritt, findet sich Mattkohle stets in Verbindung mit Glanzkohle und zwar derart, daß beide Kohlenarten lagenweise abwechseln. Als Kannelkohle wird eine besondere Abart von Mattkohle bezeichnet von meist grauschwarzer Farbe und geringer Sprödigkeit. Mattkohle und Kannelkohle sind Sapropelkohlen, Glanzkohle dagegen ist Humuskohle. Kohlen, in denen Mattkohle und Glanzkohle in dünnen Lagen wechseln und noch getrennt erkennbar sind, heißen Streifenkohlen. Als Pseudokannelkohle wird eine Kohle bezeichnet, die äußerlich der Kannelkohle ähnelt, sich von dieser aber durch größere Sprödigkeit unterscheidet und als Übergang zwischen Matt- und Glanzkohle aufzufassen ist. Anthrazit wird eine an flüchtigen Bestandteilen sehr arme Glanzkohlenvarietät genannt, die durch sehr hohen Gehalt an Kohlenstoff und sehr niedrigen Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt ausgezeichnet ist.

Physikalische Eigenschaften: Die Dichte[11]) schwankt zwischen 1,2 und 1,5, sie ist abhängig von der Kohlenart (die wasserstoffreicheren Sapropelkohlen haben niedrigere spez. Gewichte als die Humuskohlen); bei gleicher Kohlenart steigt die Dichte mit steigendem Aschegehalt. Bei Anthrazit geht das spez. Gewicht bis zu 1,7.

Thermische Eigenschaften. Die spez. Wärme[12]) für Gaskohle wurde zu 0,31415, die der Holzkohle zu 0,36 ermittelt, die Wärmeleitfähigkeit zu 0,00063.

Verbrennungswärme und Heizwert. Die für die technische Verwendung der Kohle wichtigste Eigenschaft der Steinkohle ist die Verbrennungswärme oder der von dieser abhängende Heizwert. Unter ersterer wird bei Kohlen die Anzahl Wärmeeinheiten verstanden, welche 1 kg der Kohle bei der vollständigen Verbrennung entwickelt, wenn das Kohlendioxyd gasförmig entweicht und das bei der Verbrennung entstehende Wasser in flüssigem Zustand erhalten wird. In der Praxis wird der Energieinhalt der Kohle meist durch den Heizwert ausgedrückt, d. h. durch die Anzahl kcal, welche 1 kg Brennstoff bei der Verbrennung entwickelt unter der Voraussetzung, daß das Verbrennungswasser in Dampfform erhalten wird. Der Heizwert ist demnach gleich der Verbrennungswärme vermindert um die Verdampfungswärme des Verbrennungswassers. Das letztere setzt sich zusammen aus dem in der Kohle fertig gebildeten Wasser (hygroskopischem Wasser und grober Feuchtigkeit) und dem durch die Verbrennung des Wasserstoffs der Reinkohlensubstanz entstehenden Wasser.

Der Heizwert der Steinkohlen schwankt in sehr weiten Grenzen, bei minderwertigen Kohlen geht er bis 5500 kcal und darunter hinab, die höchstwertigen Kohlen haben Heizwerte bis zu 8000 kcal und darüber. Abhängig ist der Heizwert von 2 Faktoren: einmal vom Reinkohlengehalt und zweitens von der Reinkohlenverbrennungswärme, d. h. von der Verbrennungswärme der wasser- und aschefrei gedachten Kohle. Da die Reinkohlenverbrennungswärme von der Zusammensetzung der Reinkohlensubstanz abhängt und diese für Kohlen der gleichen Herkunft in großen Zügen die gleiche ist, so ist die Reinkohlenverbrennungswärme eine für die Herkunft der Kohle charakteristische Größe und

liegt z. B. für die Mehrzahl der schottischen Kohlen bei 7700—8000, bei oberschlesischen Kohlen meist bei 7800—8200, bei niederschlesischen bei 8200—8500, bei Ruhrkohlen bei 8400—8700 kcal usf. In nachstehender Tafel[13]) sind die Werte für Durchschnittszusammensetzung und Heizwert angegeben, wie sie sich für einige Produktionsgebiete aus einer großen Zahl von Einzelanalysen, ausgeführt in der Feuerungstechn. Abt. des Instituts für Gärungsgewerbe in Berlin, berechnen:

Herkunft der Kohlen	Wasser %	Asche %	Reinkohle %	Heizwert kcal
Schottland	8,50	9,39	82,11	6265
England (verschiedene Gebiete)	4,00	9,50	86,50	6956
Oberschlesien	5,03	8,58	86,39	6672
Niederschlesien	2,40	9,16	88,44	7093
Ruhr	1,68	7,38	90,94	7597

Heizwerte für einzelne Kohlen verschiedener Herkunft siehe ferner in der Tafel am Schluß.

Löslichkeit der Steinkohlen. Da die Steinkohlen keinen chemisch einheitlichen Stoff darstellen, gibt es kein Lösungsmittel, in dem sich die Kohlen völlig lösen. Über selektive Lösungsmittel (Äther, Chloroform, Phenol, Pyridin, flüssige schweflige Säure) siehe oben. Einwirkung von Ozon[14]) führt die Kohle bei genügend langer Dauer in wasserlösliche Stoffe über, darunter findet sich Oxalsäure. Die Hauptmenge sind hochmolekulare, stark saure, in organischen Lösungsmitteln wenig lösliche Stoffe, die beim Erhitzen in wässeriger Lösung Karamelgeruch entwickeln.

Chemische Eigenschaften. Die wichtigste Eigenschaft ist das Verhalten der Steinkohlen beim Erhitzen unter Luftabschluß, das schon oben kurz berührt worden ist. Bei diesem Erhitzen wird ein Teil der Kohlensubstanz verflüchtigt, die flüchtigen Anteile lassen sich scheiden in Teer, wäßriges Destillat und Gas. Als Rückstand verbleibt der Koks. Mengenverhältnis von flüchtigen Bestandteilen und Koks und weiter die Beschaffenheit des Kokses sind maßgebend für die größere oder geringere Eignung der betr. Kohle für die verschiedenen Verwendungszwecke als Kohle zur Leuchtgasfabrikation, zur Koksgewinnung, für Dampfkesselfeuerung usw. Zur Feststellung, zu welchem Typ eine Steinkohle gehört, erhitzt man eine kleine Menge der Kohle in einem mit Deckel bedeckten Platintiegel (Näheres siehe weiter unten). Brennt dabei das entwickelte Gas mit langer Flamme zwischen Tiegel und Deckel heraus, so bezeichnet man die Kohle als langflammig, brennt nur eine kleine Flamme heraus, so liegt eine kurzflammige Kohle vor. Der im Tiegel verbleibende Koks kann folgende Formen[15]) zeigen:

Die freie Oberfläche des Kokskuchens ist

rauh, feinsandig,	überall oder doch bis zum Rand locker	I. Sandkohle
	fest gesintert, nur in der Mitte locker	II. gesinterte Sandkohle
schwarz	überall fest gesintert	III. Sinterkohle
grau und fest, knospenartig aufbrechend		IV. backende Sinterkohle
glatt, metallglänzend und fest		V. Backkohle

Natürlich wird das Verhalten der Kohlen beim Erhitzen im Tiegel in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung der Reinkohlensubstanz bedingt, und so gibt Gruner[16]) folgende Klassifikation der Steinkohlen:

(Tabelle s. S. 127.)

Zu den Kohlen von Typus I gehören die geringwertigen Steinkohlen. Trotz hohen Gasgehaltes eignen sie sich nicht zur Gasfabrikation, da das Gas wenig heizkräftig und der Koks infolge zu geringer Festigkeit minderwertig. Für Dampfkesselfeuerung brauchbar. Kohlen vom Typus II und III sowohl zur Gasfabrikation wie für Kesselfeuerung geeignet. Verwendungsarten für Kohlen von Typus III und IV geben die Bezeichnungen Schmiedekohle und Kokskohle an. Kohlen von Typus V können zur Vergasung in Generatoren Verwendung finden, ferner zum Hausbrand in Dauerbrandöfen, auch an Stelle von Koks in Eisenhochöfen.

Verhalten der Steinkohlen bei der Lagerung. Frisch geförderte Kohle erleidet bei der Lagerung gewisse Veränderungen, sie absorbiert aus der Luft Sauerstoff, der mit

Kohlentypus	Elementarzusammensetzung der Reinkohle	Verhältnis O : H	Koksausbeute %	Beschaffenheit und Aussehen des Kokses
I. Trockene Kohle mit langer Flamme	C: 75—80 % H: 5,5—4,5 % O: 19,5—15 %	4—3	50—60	pulverförmig oder höchstens zusammen gefrittet
II. Fette Kohle mit langer Flamme (Gaskohle)	C: 80—85 % H: 5,8—5,0 % O: 14,2—10,0%	3—2	60—68	Geschmolzen, aber stark zerklüftet
III. Fette Kohle (Schmiedekohle) (Eßkohle)	C: 84—89 % H: 5,5—5,0 % O: 11,0—5,5 %	2—1	68—74	Geschmolzen, bis mittelmäßig kompakt
IV. Fette Kohle mit kurzer Flamme (Kokskohle)	C: 88—91 % H: 5,5—4,5 % O: 6,5—5,5 %	1	74—82	Geschmolzen, sehr kompakt, wenig zerklüftet
V. Magere Kohle mit kurzer Flamme (anthrazit. Kohle)	C: 90—93 % H: 4,5—4 % O: 5,5—3 %	1	82—90	Gefrittet oder pulverförmig

Kohlenstoff der Reinkohlensubstanz Kohlensäure bildet, z. T. auch Wasserstoff der Reinkohlensubstanz zu Wasser oxydiert und schließlich auch in Form anderweitiger Bindung in die Reinkohlensubstanz eintritt. Dieser Vorgang, der auch als Verwitterung der Kohle bezeichnet wird, ist mit Temperaturerhöhung verbunden, die ihrerseits wiederum Sauerstoffaufnahme und Oxydationsvorgang beschleunigt. Tritt keine wesentliche Temperaturerhöhung ein, so sind die Schädigungen der wertbestimmenden Eigenschaften (Heizwert, Verhalten beim Verkoken) geringfügig. Werden größere Temperatursteigerungen nicht vermieden, so können erhebliche Rückgänge im Heizwert eintreten, die Backfähigkeit der Kohle geht verloren usw. Die schwerste Schädigung tritt ein, wenn die Temperatursteigerung bis zur Selbstentzündung der Kohle geht. Die häufig geäußerte Ansicht, daß hoher Schwefelkiesgehalt die Ursache der Selbstentzündung der Kohlen sei, ist nicht zutreffend. Es liegt nur die Möglichkeit vor, daß bei schwefelreichen Kohlen die Oxydation des Schwefelkieses durch die damit verbundene Temperatursteigerung die Verwitterung der Kohle unterstützt. Allein reicht aber diese Temperatursteigerung unter keinen Umständen aus, die Kohle bis zur Selbstentzündung zu erhitzen. Die Neigung zur Selbstentzündung ist bei verschiedenen Kohlen sehr verschieden groß, im allgemeinen neigen die jüngeren Steinkohlen, also solche, die hohen Sauerstoffgehalt und hohen Gehalt an hygroskopischem Wasser zeigen, mehr zur Selbstentzündung als ältere Steinkohlen. Nach Dennstedt u. Bünz[17]) ergibt sich aus der Schnelligkeit des Temperaturanstieges einer Kohlenprobe, auf die man bei 135—150° reinen Sauerstoff wirken läßt, der Maßstab für die Neigung der Kohle zur Selbstentzündung. Zur Vermeidung von Selbstentzündung dürfen Kohlen, die dazu neigen, nicht zu hoch gestapelt werden (höchstens 2,5 m Stapelhöhe); durch eingebaute Thermometer muß die Stapeltemperatur regelmäßig kontrolliert werden. Bei Steigen der Temperatur über 60° empfiehlt es sich, den Stapel auseinander zu reißen. Ablöschen eines in Brand geratenen Stapels durch Besprengen mit Wasser führt nicht zum Ziel, verschlimmert häufig nur das Übel. Nur völliges Unterwassersetzen löscht sicher. Als sicheres Mittel, nicht nur gegen Selbstentzündung, sondern auch gegen jede Qualitätsverringerung durch Verwitterung wird Lagerung der Kohlen unter Wasser empfohlen.

Kohlenanalyse. Je nach dem besonderen Zweck kann die analytische Untersuchung der Steinkohlen eine verschieden weitgehende sein. Die wichtigsten analytischen Bestimmungen sind folgende: Gehalt an Feuchtigkeit, an Asche, an flüchtigen organischen Bestandteilen, Heizwert. Häufig ist eine Elementaranalyse erforderlich, namentlich Bestimmung des Gehaltes an Schwefel, seltener an Stickstoff. In Einzelfällen macht sich eine Analyse der Asche notwendig. Die Vorbedingung einer zutreffenden Analyse ist die Entnahme einer Probe, die der Durchschnittszusammensetzung der gesamten Kohlenmenge entspricht, auf die sich die Analyse beziehen soll.

Probenahme. Nähere Angaben über die Art der Probenahme finden sich in Hinrichsen-Taczak[18]), sie entsprechen Vereinbarungen zwischen dem Verein deutscher Ingenieure, dem deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern, dem Verein schweizer Dampfkesselbesitzer und dem Preußischen Materialprüfungsamt. Diese Probenahme

entspricht im großen ganzen der Norm 29 in den Normen für Leistungsversuche an Dampfkesseln und Dampfmaschinen, aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure, dem internationalen Verbande der Dampfkessel-Überwachungsvereine und dem Verein deutscher Maschinenbauanstalten. Bei sorgfältiger Einhaltung der dort gegebenen Probenahmevorschriften gelingt es unschwer, zutreffende Durchschnittsproben aus Kohlenmengen von 100—200 t, bei gleichmäßigen Sortierungen auch aus noch größeren Mengen zu entnehmen. Ist die Kohle sehr feucht (grobe oder Grubenfeuchtigkeit), so muß die Probe in luftdicht verschließbare Gefäße verpackt werden. Zweckmäßig werden besondere Feuchtigkeitsproben genommen, die ausschließlich zur Wasserbestimmung benutzt werden.

Vorbereitung zur Untersuchung. Proben lufttrockener Steinkohlen können sofort zerkleinert werden (sehr zweckmäßig mittels dicht verschließbarer Kugelmühle), feuchte Proben müssen durch Lagern an staubfreiem, mäßig warmem Ort vor dem Mahlen lufttrocken gemacht werden. Die Zerkleinerung soll soweit getrieben werden, daß das erhaltene Kohlenpulver sich durch ein Sieb mit 400 Maschen auf 1 qcm treiben läßt.

Gang der Untersuchung. Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt durch einstündiges Erhitzen von 1 g Kohle im Trockenschrank bei 105°. Bei stark zu Oxydation neigenden Kohle kann das Trocknen im Kohlensäure- oder besser Stickstoffstrom erfolgen. Über andere Wasserbestimmungsverfahren siehe Hinrichsen u. Taczak[19]).

Der Aschegehalt wird durch Verbrennen von 1 g Kohle im offenen Platinschiffchen im Muffelofen (Wiesneggscher Veraschungsofen) ermittelt. Besonders empfehlenswert sind elektrisch beheizte Öfen.

Ermittlung der Elementarzusammensetzung erfolgt in der für organische Verbindungen üblichen Weise. Erforderlich ist in jedem Falle die Bestimmung der Menge Wasser, die bei der Verbrennung der Kohle erhalten wird, da sich aus dieser Menge die Korrektur berechnet, die an dem in der kalorimetrischen Bombe erhaltenen Wert für Verbrennungswärme angebracht werden muß, um daraus den Heizwert (siehe oben) zu errechnen. Der Stickstoffgehalt wird nach der Kjeldahlschen Methode in der Gunningschen Modifikation bestimmt. Bei Bestimmung des Schwefelgehaltes handelt es sich meist um Bestimmung des Gesamtschwefels, bisweilen ist nur der verbrennliche Schwefel zu bestimmen. Der Gesamtschwefel wird entweder nach Eschka[20]) durch Verbrennen der Kohle mit Magnesia - Sodagemisch ermittelt oder aber nach neueren Methoden, z. B. mittels Natriumsuperoxyd[21]), oder mittels Kobaltoxyd[22]). Besonders die letztere Methode hat sich als sehr brauchbar erwiesen. Verbrennbarer Schwefel läßt sich entweder nach Langbein[23]) durch Absorption der Verbrennungsgase in der kalorimetrischen Bombe durch etwas in die Bombe eingebrachtes Wasser und titrimetrische Bestimmung der dabei erhaltenen Schwefelsäure bestimmen oder nach einer Methode von Graefe[24]) durch Verbrennen der Kohle in Sauerstoff unter gewöhnlichem Druck und Oxydation der dabei erhaltenen schwefligen Säure durch Natriumsuperoxydlösung zu Schwefelsäure.

Gas- und Koksgehalt wird durch Erhitzen der Probe im bedeckten Platintiegel bis zur völligen Entgasung der Kohle und Wägung des Rückstandes bestimmt. Die Prüfung wird in verschiedenen Modifikationen ausgeführt, von denen als wichtigste zu nennen sind: die Mucksche Probe[25]) und die Bochumer Blähprobe[26]), Seitens des Materialsprüfungsamtes in Lichterfelde wird das Verfahren von Finkener[27]) empfohlen, nach dem die Kohle durch Erhitzen in einem indifferenten Gasstrom verkokt wird. Vergleichbar sind natürlich nur Werte, die nach der gleichen Methode erhalten worden sind, dringend wünschenswert ist eine baldige Einigung auf eine der genannten Methoden.

Der Gasgehalt oder Gehalt an flüchtiger brennbarer Substanz errechnet sich aus dem Gewichtsverlust, den die Kohlenprobe beim Erhitzen im Tiegel erfahren hat, vermindert um den Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit. Die letztere wird natürlich beim Erhitzen mit ausgetrieben. Der Rückstand, der Koks, setzt sich zusammen aus dem nichtflüchtigen oder fixen Kohlenstoff und der Asche der Kohle. Über die Bedeutung der Höhe der Koksausbeute und der Koksform für Beurteilung der Kohle siehe oben.

Die Heizwertbestimmung geschieht fast ausschließlich in der kalorimetrischen Bombe. Es gibt auch einige Formeln zur Berechnung des Heizwertes, die aber sämtlich nur wenig zuverlässige Werte ergeben. Noch einigermaßen brauchbare Werte gibt die sog. Dulongsche oder Verbandsformel:

Heizwert =

$$81.C + 290\left(H - \frac{O+N}{8}\right) + 25.S - 6W.$$

In dieser Formel bedeutet in Prozenten:

C = Gehalt der Kohle an Kohlenstoff
H = „ „ „ „ Wasserstoff
O = „ „ „ „ Sauerstoff
N = „ „ „ „ Stickstoff
S = „ „ „ „ Schwefel
W = „ „ „ „ hygroskop. Wasser

Der Ausdruck $\left(H - \frac{O+N}{8}\right)$ müßte streng genommen $\left(H - \frac{O}{8}\right)$ lauten. Da aber der Stickstoff nur in Ausnahmefällen analytisch ermittelt wird, begnügt man sich mit der ungenaueren Formulierung.

Verwendbarkeit. Die Verwendung der Steinkohle ist eine ungemein vielseitige. Einen guten Überblick gibt die nachstehende Zusammenstellung, welche den Verbrauch der einzelnen Industrien an Steinkohlen im Jahre 1911 angibt, soweit das rheinisch-westfälische Kohlensyndikat als Lieferant in Frage kam[28]):

Es wurden verbraucht von	Tonnen	%
Metallhütten aller Art, Eisenhütten, Stahlwerken	28 249 869	41,22
Hausbedarf	8 789 934	12,83
Eisenbahn-, Straßenbahnbau und -betrieb	7 926 096	11,57
Gewinnung von Steinkohlen-und Koksbriketts	4 860 173	7,09
Schiffahrt, Fischerei, Kriegsmarine	3 642 954	5,32
Industrie der Steine und Erden	3 233 271	4,72
Gasanstalten	2 274 513	3,32
Chemischer Industrie	2 022 015	2,95
Textilindustrie, Bekleidungs- und Reinigungsgewerbe	2 000 325	2,92
Elektrischer Industrie	1 070 744	1,56
Brauereien und Brennereien	734 690	1,07
Papierindustrie und graphischen Gewerben	901 499	1,32
Industrie der Nahrungs- und Genußmittel	646 512	0,94
Den übrigen Industrien	2 153 520	3,17
Summa	68 506 115	100

Die Verwendung kann eine direkte zur Wärme- und Krafterzeugung sein; Verbrennung im Ofen zu Heizzwecken, in der Kesselfeuerung zur Dampfgewinnung. Oder aber die Kohle erfährt eine Entgasung, wobei entweder der flüchtige Anteil als Haupterzeugnis (Leuchtgas), der zurückbleibende Koks als Nebenprodukt gewonnen wird, oder die Koksgewinnung den Zweck der Entgasung darstellt und das Gas als Nebenprodukt gewonnen wird. In geringem Umfang werden auch Steinkohlen, namentlich Anthrazit, im Generator vergast. Bei der Entgasung werden wertvolle Nebenerzeugnisse, wie Teer, Benzol, Toluol, Ammoniak, Schwefel, Zyan usw. gewonnen. Da alle diese Stoffe bei der direkten Verbrennung verloren gehen, zwingt der außerordentlich hohe Bedarf an diesen Stoffen mehr und mehr von der direkten Verbrennung der Kohlen ab- und zur Entgasung überzugehen. Welche Kohlen für die verschiedenen Verwendungszwecke am geeignetsten sind, ist kurz auf S. 127 angedeutet. Weitere Angaben s. unter Koks.

Warenkunde. Die Steinkohlen kommen im Handel in den mannigfaltigsten Marken vor. Einmal bedeuten diese Marken Qualitätsbezeichnungen, wie Fettkohle, Gaskohle, Gasflammkohle, Eßkohle, Magerkohle, Anthrazit. Für diese Unterscheidungen ist wiederum das Verhältnis von flüchtiger brennbarer Substanz und Koksausbeute maßgebend. Weiter aber unterscheidet der Handel Sortierungen. Die aus der Grube geförderte Kohle, die Förderkohle, stellt ein Gemisch von Kohlestücken der mannigfachsten Größenverhältnisse dar, von gröbsten Stücken bis zu feinem Grus. Meist wird diese Förderkohle direkt beim Herauskommen aus dem Schacht Aufbereitungseinrichtungen zugeführt, in denen durch Sieben die Kohle nach Stückgröße sortiert wird. Die Aufbereitung ist entweder eine trockene, oder aber es findet dabei ein Waschen der Kohle statt. Die Bezeichnung der anfallenden Sortierungen ist in den verschiedenen Kohlengebieten nicht ganz einheitlich. Im rheinisch-westfälischen Kohlengebiet werden folgende Sortierungen unterschieden:

Stückkohle I 40—50 cm Durchmesser
„ II 30—40 „ „
„ III 20—30 „ „

Nußkohle	I	45—80 mm	Durchmesser
,,	II	30—45 ,,	,,
,,	III	20—30 ,,	,,
,,	IV	10—20 ,,	,,
Feinkohle		unter 10 ,,	,,

Außer diesen reinen Sortierungen kommen noch Mischungen im Handel vor, sog. melierte Kohlen mit mindestens 40% Gehalt an Stückkohle und bestmelierte Kohle mit mindestens 50% Stücken.

In Oberschlesien sind die hauptsächlichsten reinen Sortierungen folgende:

Stückkohle	über 70	mm	Durchmesser
Würfelkohle	,, 45	,,	,,
Nußkohle	Ia 30—80	,,	,,
,,	Ib 25—45	,,	,,
,,	II 15—40	,,	,,
Erbskohle	10—30	,,	,,
Grieskohle	I 10—20	,,	,,
,,	II 5—15	,,	,,
Staubkohle	0—15	,,	,,
Rätter-Kleinkohle	0—40	,,	,,

Von Mischsortierungen seien genannt: Fördermischkohle I, II, III, Kesselerbskohle, Kesselgrieskohle.

Im Kohlenhandel war es im Gegensatz zum Handel in fast allen anderen Rohstoffen in Deutschland nur wenig üblich, bei der Preisfestsetzung den Verbrauchswert der Kohle als Maßstab zu nehmen. Die Preisfestsetzung geschah in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nach Herkunft, Art und Sortierung der Kohle ohne Rücksicht darauf zu nehmen, daß wechselnder Asche- und Feuchtigkeitsgehalt die eigentlich wertbestimmende Eigenschaft, den Heizwert, in hohem Maß beeinflussen kann. Diesem Übelstand abzuhelfen bemühen sich seit Jahren Bestrebungen, welche den Kohlenhandel auf Grund von Qualitätsgarantien, vor allen Dingen Heizwertgarantien basieren wollen. Das Wesen eines solchen Handels ist, daß der Händler dem Verbraucher die Lieferung der in Frage stehenden Kohle mit einem Mindestheizwert und einem Höchstgehalt an Asche gewährleistet. Bei Unterschreitung des gewährleisteten Heizwerts findet ein prozentualer Abzug vom vereinbarten Preis statt. Ebenso tritt bei zu hohem Aschengehalt eine Preiskürzung ein, da höherer Aschegehalt die Ausnutzung der Kohle herabsetzt und die Beseitigung der größeren Aschen- und Schlackenmengen erhöhte Kosten verursacht. Bei Lieferung von Kohlen besserer Qualität zahlt der Käufer dem Lieferanten entsprechend erhöhten Preis. In Deutschland haben sich in erster Linie die großen Förderungs- und Handelsvereinigungen, wie das Rheinisch-Westfälische Kohlensyndikat und die Oberschlesische Kohlenkonvention einem solchen Handel ablehnend gegenüber verhalten, ihnen anschließend die Hauptmenge der Kohlenhändler. Nur sehr große Kohlenverbraucher, wie große Elektrizitätswerke, die ehemalige kaiserliche Marine konnten die Gewährung solcher Qualitätsgarantien durchsetzen. Am stärksten ausgebildet ist der Kohlenhandel nach Qualitätsgarantien in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo sämtliche Kohlenlieferungen für Regierungsbehörden nach Analyse zu erfolgen haben[29]). Einen Überblick über den derzeitigen Stand der Frage des Kohlenhandels nach Heizwertgarantien geben Hinrichsen u. Taczak[30]) in ihrem mehrfach erwähnten Werk.

Volkswirtschaftliches, Wirtschaftsgeographisches. Lagerstätten:[31]) In Deutschland ist das wichtigste Gebiet das Rheinisch-Westfälische. Dieses gliedert sich in das Aachener Becken (Wurmrevier und Inderevier), das Ruhrbecken, mit etwa 2000 qkm, mit ihm vielleicht zusammenhängend die kleinen Vorkommnisse von Ibbenbüren und vom Piesberg bei Osnabrück, das Saarbrückener Revier, das niederschlesische oder Waldenburger Revier, das Gebiet von Oberschlesien, das mindestens 5800 qkm umfaßt und sich weit hinein nach Polen und Mähren erstreckt, die kleineren sächsischen Gebiete von Hainichen, Zwickau-Lugau-Ölsnitz, Plauenscher Grund bei Dresden. Von den sächsischen Kohlen gehören nur die von Zwickau-Lugau-Ölsnitz dem Karbon an, die von Hainichen sind Kulmkohlen, diejenigen des Plauenschen Grundes gehören dem Rotliegenden an. Die jüngsten deutschen Kohlen sind die Wealden-Kohlen des Deisters.

Dem Gebiet der ehemaligen österreichisch-ungarischen Monarchie gehören an: das mährisch-schlesische Gebiet (Reviere von Ostrau-Karwin und Rossitz), die böhmischen Vorkommnisse von Pilsen, Kladno-Kralup-Schlan-Rakonitz, Schatzlar-Schwadowitz, Budweis, das westgalizische Gebiet (Jaworzno), die kleinen Vorkommnisse in Niederösterreich (Grünbach-Klauser Revier und Waidhofen-Ybbsitzer Revier). In Ungarn sind zu erwähnen die Vorkommnisse von Fünfkirchen, im Banat, bei Brasso (Kronstadt). Die belgischen Kohlenvorkommnisse gehören, wie die rheinisch-westfälischen, dem nord-westeuropäischen Becken an. Die wichtigsten Gebiete sind die von Mons, Le Centre, Charleroi, Namur. Den belgischen Revieren entsprechen kleinere Kohlengebiete

in den Niederlanden (Süd-Limburg und Süd-Peel). Die wichtigsten Gebiete in Frankreich sind die von Valenciennes, St. Etienne, Blanzy, Le Creusot et Bert, Aubin, Alais.

Die ausgedehntesten europäischen Vorkommnisse hat Großbritannien, die Hauptkohlenfelder sind die von Bristol-Somersetshire, von Süd-Wales, Nord-Wales, Staffordshire, Yorkshire - Derbyshire, Lancashire, Durham - Northumberland, Cumberland, Clyde.

Polen hat in dem an Oberschlesien angrenzenden Dombrowa-Bassin ein bedeutendes Steinkohlenvorkommnis, Rußland verbleibt das Donetz-Gebiet.

Die übrigen europäischen Vorkommnisse sind z. Z. noch ohne größere Bedeutung.

Bezüglich der außereuropäischen Vorkommnisse kann nur auf die außerordentlich ausgedehnten Kohlenfelder Nordamerikas und die zweifellos sehr bedeutenden, aber noch sehr wenig erschlossenen chinesischen Vorkommnisse hingewiesen werden.

Steinkohlenförderung. Die hauptsächlichsten Gewinnungsländer für Steinkohlen sind die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Großbritannien, das Deutsche Reich, Frankreich, Belgien, das ehemalige Österreich-Ungarn. Zusammenhängende Statistiken über die Förderung liegen nur bis zum Jahr 1913 vor, nachstehende Tafel zeigt die Entwicklung der Steinkohlenförderung in den obengenannten Ländern von 1890—1913 in 1000 t:

	1890	1900	1905	1910	1913
Ver. Staaten v. Amerika	143 128	244 654	356 273	455 042	519 522
Großbritannien	184 529	228 795	239 919	268 677	265 000
Deutsches Reich	70 238	109 290	121 299	152 828	191 511
Frankreich	25 592	32 722	35 218	37 635	42 670
Belgien	20 366	23 463	21 775	23 917	22 858
Österreich-Ungarn	9 926	12 440	13 673	15 076	—

Von Förderzahlen aus den Kriegsjahren liegen folgende Werte vor (in 1000 t):

	1914	1915	1916	1917	1918
Deutsches Reich[32])	161 385	146 868	159 000	167 000	160 500
Belgien	16 714	14 238	16 920	14 885	—
Frankreich	—	19 870	21 470	26 700	24 450
Großbritannien[33])	265 664	253 206	256 375	248 499	227 987

Die Weltproduktion wird für 1912 mit 1245 Mill. t angegeben, einschließl. Braunkohle. Über die zukünftige Gestaltung der Förderung in den einzelnen Ländern lassen sich bei der Unsicherheit über das endgültige Schicksal wichtiger Kohlengebiete keine Vermutungen äußern.

Neben den tiefgehenden Änderungen in der Förderung, die sich im Rückgang der Produktionsziffern äußern, sind die ungeheuren Preisänderungen von verhängnisvollem Einfluß auf das Wirtschaftsleben aller europäischen Länder. Wie außerordentlich diese Preissteigerungen sind, zeigen folgende Beispiele:

1. Durchschnittspreis für 1 t englische Kohle.

1914	13 sh	8	d
1915	16 sh	11½	d
1916	24 sh	7⅕	d
1917	27 sh	2	d
1918	30 sh	8	d

2. Deutsche Großhandelspreise für 1 t Fettnuß I.

April 1912/13	13,50 M.
„ 1913/14	14,00 „
„ 1914/15	13,75 „
April-Dez. 1915	16,00 „
Jan.-April 1916	17,00 „
April-Dez. 1916	17,00 „
Jan.-März 1917	19,00 „
April 1917	20,00 „
Mai-Juli 1917	22,40 „
Aug.-Sept. 1917	26,00 „
Okt.-Dez. 1917	29,00 „
Jan.-Aug. 1918	29,00 „
Sept.-Dez. 1918	31,55 „
Jan.-April 1919	45,80 „
Mai-Juni 1919	67,80 „
ab Juni 1919	74,50 „

Steinkohlenvorräte. Über die in den einzelnen Ländern noch vorhandenen Kohlenvorräte liegen eingehende Schätzungen vor[34]); es wird dabei unterschieden zwischen

Herkunft und Benennung des Brennstoffs	100 Teile Rohkohle enthalten						
	Wasser	Asche	Reinkohle	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff + Stickstoff	Schwefel
	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile
Deutsches Reich							
Ruhrgebiet							I. Stein
Rheinbabenschächte	2,5	13,9	83,6	70,4	4,3	8,2	0,7
Ewald	3,6	11,4	85,0	71,1	4,3	8,5	1,1
Mont Cenis	3,3	8,0	88,7	75,4	4,6	7,6	1,1
Consolidation	3,3	14,6	82,1	69,6	4,3	7,3	0,9
Hugo	2,2	5,1	92,7	78,7	5,1	8,2	0,7
Zollverein	4,1	6,8	89,1	76,2	4,7	7,4	0,8
Mathias Stinnes	3,7	9,2	87,1	74,3	4,6	6,8	1,4
Dorstfeld	2,0	4,5	93,5	79,2	5,3	7,7	1,3
Schlegel & Eisen	3,6	8,9	87,5	75,5	4,7	6,3	1,0
Constantin der Große	0,9	3,1	96,0	83,2	5,0	6,3	1,5
General Blumenthal	2,4	3,7	93,9	81,5	4,8	7,0	0,6
Rosenblumendelle	0,5	6,2	93,3	84,6	3,9	3,4	1,4
Shamrock	0,7	4,2	95,1	84,4	4,9	4,5	1,3
Schürbank	1,3	7,6	91,1	81,9	4,1	3,8	1,3
Gottessegen bei Löthringhausen	1,0	9,6	89,4	80,0	4,2	3,8	1,4
Ibbenbüren	0,9	18,7	80,4	69,7	3,7	3,4	3,6
Gneisenau	2,1	5,2	92,7	83,6	4,6	3,2	1,3
Dannenbaum	1,1	5,6	93,3	83,6	4,4	4,6	0,7
Oberschlesien							
Emanuelsegen	7,5	5,8	86,7	68,6	4,5	13,2	0,4
Eugeniensglück	7,8	9,6	82,6	65,6	4,2	11,7	1,1
Heinitz	5,7	4,2	90,1	72,8	4,7	11,9	0,7
Castellengo	3,3	3,5	93,2	76,8	4,6	11,1	0,7
Preußen	2,3	4,6	93,1	76,7	4,8	10,8	0,8
Wolfgang	3,7	6,6	89,7	74,5	4,4	10,1	0,7
Paulus Hohenzollern	2,6	4,0	93,4	77,8	4,7	10,3	0,6
Concordia	2,7	5,3	92,0	77,7	4,5	9,4	0,4
Brandenburg	3,7	2,6	93,7	79,0	4,8	9,3	0,6
Königin Luise	1,5	5,8	92,7	78,4	4,5	9,2	0,6
Borsig	2,4	8,7	88,9	74,3	4,6	8,8	1,2
Niederschlesien							
Consolidierte Fuchsgrube	2,6	9,0	88,4	75,2	4,6	6,9	1,7
Ruben	1.1	16,7	82,2	71,1	3,5	6,0	1,6
Glückhilf-Friedenshoffnung	0,8	6,6	92,6	80,3	4,6	6,7	1,0
Saargebiet							
Louisenthal	4,5	8,0	87,5	69,6	4,9	12,0	1,0
Merlenbach	3,4	4,8	91,8	75,0	4,9	11,0	0,9
Spittel, Schacht 6	2,2	10,8	87,0	71,8	5,1	8,7	1,4
Sulzbach	1,8	9,9	88,3	73,6	4,7	9,1	0,9
Klein-Rosseln	4,1	5,4	90,5	75,1	5,0	9,8	0,6
Stieringen Simonschacht	2,9	6,9	90,2	76,0	5,1	7,9	1,2
Camphausen	2,0	9,5	88,5	75,3	4,6	7,4	1,2
Dudweiler	1,8	6,1	92,1	78,4	5,0	8,0	0,7
Sachsen							
Zwickau, v. Arnimsche Gruben	9,3	9,9	80,8	67,5	4,2	8,5	0,6
Bockwa-Hohndorf	9,4	5,0	85,6	71,8	4,5	8,2	1,1
Ölsnitz, Wilhelmschacht	7,7	3,8	88,5	73,0	4,9	9,9	0,7
Zwickau, Brückenberg	6,2	5,3	88,5	73,5	4,8	8,7	1,4
Gersdorf	8,9	3,2	87,9	73,8	4,5	8,7	1,0
Zauckerode b. Potschappel	6,9	12,9	80,2	66,8	4,4	7,5	1,5

Heizwert von 1 kg Rohkohle	100 Teile Reinkohle enthalten				100 Teile Reinkohle ergeben		Verbrennungswärme von 1 kg Reinkohle	Analytiker
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff + Stickstoff	Schwefel	Kokskohlenstoff	Flüchtige brennbare Bestandteile		
kcal	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	kcal	
kohlen								
6640	84,1	5,2	9,8	0,9	71,4	28,6	8233	B
6767	83,7	5,1	10,0	1,2	66,8	33,2	8265	B
7074	85,0	5,2	8,5	1,3	67,9	32,1	8281	B
6655	84,8	5,2	8,9	1,1	70,2	29.8	8417	B
7522	84,9	5,5	8,8	0,8	67,2	32,8	8422	B
7252	85,5	5,2	8,3	1,0	69,6	30,4	8429	B
7117	85,3	5,2	7,8	1,6	67,3	32,7	8481	B
7693	84,7	5,7	8,2	1,4	67,4	32,6	8541	M
7247	86,3	5,3	7,2	1,2	68.1	31,9	8591	B
7979	86,7	5,2	6,6	1,5	74,4	25,6	8596	A
7796	86,8	5,1	7,4	0,7	74,4	25,6	8597	B
7802	90,6	4,2	3,7	1,5	88,2	11,8	8600	M
7948	88,7	5,2	4,7	1,4	77,1	22,9	8643	M
7680	89,9	4,4	4,2	1,5	86,2	13,8	8674	M
7527	89,5	4,6	4,3	1,6	87,9	12,1	8694	M
6796	86,7	4,6	4,2	4,5	81,9	18,1	8709	M
7808	90,1	5,0	3,5	1,4	77,5	22,5	8711	M
7929	89,6	4,7	4,9	0,8	81,0	19,0	8755	M
6352	79,1	5,2	15,2	0,5	61,1	38,9	7659	A
6164	79,3	5,1	14,2	1,4	62,2	37,8	7797	M
6807	80,7	5,2	13,2	0,9	64,4	35,6	7869	B
7110	82,4	4,9	11,9	0,8	66,9	33,1	7912	B
7208	82,4	5,2	11,6	0,8	65,4	34,6	8041	B
6985	83,0	5,0	11,2	0,8	69,7	30,3	8075	B
7330	83,3	5,1	10,9	0,7	67,3	32,7	8138	B
7309	84,5	4,9	10,2	0,4	66,7	33,3	8229	B
7429	84,3	5,1	10,0	0,6	65,7	34,3	8229	B
7382	84,5	4,8	10,0	0,7	67,2	32,8	8231	B
7126	83,6	5,1	9,9	1,4	67,7	32,3	8306	M
7128	85,1	5,2	7,8	1,9	71,2	28,8	8364	M
6719	86,4	4,3	7,3	2,0	75,2	24,8	8409	M
7623	86,7	5,0	7,2	1,1	74,8	25,2	8512	B
6550	79,5	5,7	13,7	1,1	59,4	40,6	7822	M
7105	81,7	5,4	12,0	0,9	62,7	37,3	8056	B
6835	82,5	5,9	10,0	1,6	60,3	39,7	8188	M
6980	83,3	5,4	10,3	1,0	65,9	34.1	8205	B
7141	83,0	5,5	10,9	0,6	62,2	37,8	8214	B
7223	84,2	5,6	8,8	1,4	59 0	41,0	8328	M
7177	85,2	5,2	8,3	1,3	66,9	33,1	8407	B
7509	85.1	5,5	8,6	0,8	68,2	31,8	8457	B
6234	83,6	5,2	10,5	0,7	66,0	34,0	8069	M
6755	83,9	5,2	9,6	1,3	64,7	35,3	8238	B
6989	82,5	5,5	11,1	0,8	62,7	37,3	8243	B
7005	83,1	5,5	9,8	1,6	64,7	35,3	8250	B
6994	83,9	5,1	9,9	1,1	68,2	31,8	8287	L
6412	83,3	5,5	9,3	1,9	66,0	34,0	8355	B

Herkunft und Benennung des Brennstoffs	100 Teile Rohkohle enthalten						
	Wasser	Asche	Reinkohle	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff + Stickstoff	Schwefel
	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile
Deistergebiet							
Oberkirchen	6,6	15,3	78,1	66,4	3,6	6,9	1,2
Barsinghausen	3,5	19,8	76,7	63,2	4,3	6,8	2,4
England							
Northumberland, Davisons Cowpen-Bothal	7,9	14,3	77,8	63,8	4,1	8,4	1,5
Derbyshire, Bolsover Colliery	10,6	6,2	83,2	68,0	4,1	10,2	0,9
Yorkshire, Nearfield	7,7	7,3	85,0	69,8	4,6	9,4	1,2
Durham, Lambton	1,5	11,9	86,6	72,4	4,7	8,0	1,5
Yorkshire, Glass Houghton	4,0	7,5	88,5	72,6	4,8	9,3	1,8
Northumberland, Buddles	4,6	14,3	81,1	65,8	4,4	9,3	1,6
Yorkshire, Breywood	3,3	11,3	85,4	70,7	4,5	8,5	1,7
Northumberland, Howards Westhartly	4,6	5,9	89,5	74,3	5,2	8,4	1,6
Northumberland, Whorlton	3,6	6,3	90,1	75,8	5,2	8,2	0,9
Durham, Deans Primrose	2,0	8,5	89,5	76,7	4,8	6,9	1,1
,, New Pelton Main	1,6	6,5	91,9	79,4	5,0	6,3	1,2
Yorkshire, Mitchell	1,4	5,0	93,6	80,2	5,1	7,1	1,2
Wales, Corys Merthyr	1,2	12,1	86,7	77,6	3,8	4,5	0,8
,, Canal Valley	3,0	14,6	82,4	72,0	4,2	5,5	0,7
Durham, Townley Main	1,7	4,3	94,0	82,2	5,2	5,7	0,9
Schottland							
Dysart	14,3	7,3	78,4	61,5	4,4	11,8	0,7
Ellismuir	11,4	12,0	76,6	62,5	4,2	8,9	1,0
Bankrigg	3,4	6,0	90,6	75,3	4,9	9,8	0,6
Shieldhill	2,8	4,7	92,5	77,9	5,1	8,8	0,7
Verschiedene Gebiete							
Belgien, Monceau Fontaine	1,1	7,6	91,3	81,7	4,0	4,9	0,7
,, Werister b. Charleroi	0,1	3,9	96,0	87,6	4,2	3,2	1,0
Niederlande, Oranje-Nassau	1,6	5,4	93,0	84,4	4,0	3,7	0,9
,, Wilhelmina	1,8	2,9	95,3	87,0	4,0	3,6	0,7
Spanien, Asturien	0,9	5,9	93,2	79,0	5,4	7,0	1,8
Rußland, Rutschenkowo	1,6	9,5	88,9	74,5	4,9	8,0	1,5
,, Starjanoserbsk	1,3	9,7	89,0	76,3	4,7	6,9	1,1
,, Tschumakowo, Prochorowsky-Grube	1,9	13,5	84,6	75,8	4,2	3,5	1,1
,, Donetz-Gebiet	1,2	3,2	95,6	85,2	4,6	4,6	1,2
,, Owragi, Scheding-Grube	0,9	10,8	88,3	77,2	4,0	3,4	3,7
China, Schantung, Hongschan	0,8	15,8	83,4	73,3	4,0	1,8	4,3
							II. Anthrazit
Schottland, Longrigg	2,6	9,9	87,5	77,8	3,8	5,1	0,8
Sachsen, Olbernhau	2,6	6,6	90,8	84,5	2,8	2,7	0,8
England, Wales Cawdor	2,0	3,1	94,9	87,0	3,7	3,6	0,6
,, Sunrise big vein	1,0	1,7	97,3	90,2	3,3	3,0	0,8
Ruhrgebiet, Kohlscheidt	0,9	3,4	95,7	88,5	3,5	3,3	0,4

Heizwert von 1 kg Rohkohle	100 Teile Reinkohle enthalten				100 Teile Reinkohle ergeben		Verbrennungswärme von 1 kg Reinkohle	Analytiker
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff + Stickstoff	Schwefel	Kokskohlenstoff	Flüchtige brennbare Bestandteile		
kcal	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	kcal	
6161	85,0	4,6	8,8	1,6	78,2	21,8	8187	A
6093	82,4	5,6	8,9	3,1	62,7	37,3	8277	A
5916	82,0	5,2	10,8	2,0	64,4	35,6	7948	M
6365	81,7	5,0	12,3	1,0	69,0	31,0	7994	M
6583	82,1	5,4	11,0	1,5	62,3	37,7	8088	M
6845	83,5	5,5	9,2	1,8	68,9	31,1	8203	M
7008	82,1	5,4	10,5	2,0	62,0	38,0	8238	A
6417	81,2	5,5	11,4	1,9	65,6	34,4	8243	M
6787	82,8	5,3	9,9	2,0	62,8	37,2	8255	A
7153	83,0	5,8	9,4	1,8	64,5	35,5	8339	M
7242	84,2	5,7	9,2	0,9	70,8	29,2	8376	M
7375	85,7	5,4	7,7	1,2	66,8	33,2	8543	A
7577	86,4	5,4	6,9	1,3	72,2	27,8	8549	M
7729	85,7	5,4	7,6	1,3	65,2	34,8	8558	A
7222	89,5	4,4	5,2	0,9	89,2	10,8	8573	A
6844	87,4	5,1	6,7	0,8	79,4	20,6	8603	A
7829	87,4	5,5	6,1	1,0	68,3	31,7	8649	M
5750	78,4	5,6	15,1	0,9	62,0	38,0	7746	A
5854	81,6	5,5	11,6	1,3	60,6	39,4	8028	A
7099	83,1	5,4	10,8	0,7	67,2	32,8	8150	A
7509	84,2	5,5	9,5	0,8	62,5	37,5	8433	A
7553	89,5	4,4	5,4	0,7	88,8	11,2	8517	A
8202	91,3	4,4	3,3	1,0	90,9	9,1	8795	M
7829	90,8	4,3	4,0	0,9	90,0	10,0	8662	A
8062	91,3	4,2	3,8	0,7	91,6	8,4	8698	A
7619	84,8	5,8	7,5	1,9	66,3	33,7	8495	M
7242	83,8	5,5	9,0	1,7	71,0	29,0	8452	M
7416	85,8	5,2	7,7	1,3	75,8	24,2	8630	M
7101	89,6	4,9	4,2	1,3	83,4	16,6	8674	M
8077	89,1	4,8	4,8	1,3	80,4	19,6	8715	A
7481	87,3	4,6	3,9	4,2	83,7	16,3	8716	M
6890	87,9	4,8	2,2	5,1	87,0	13,0	8525	M
7163	89,0	4,3	5,8	0,9	89,7	10,3	8435	A
7522	93,0	3,1	3,0	0,9	96,1	3,9	8461	L
7925	91,7	3,9	3,8	0,6	93,6	6,4	8571	A
8215	92,7	3,4	3,1	0,8	92,5	7,5	8633	M
8047	92,5	3,7	3,4	0,4	94,8	5,2	8614	A

sicheren Vorräten, wahrscheinlichen Vorräten und möglichen Vorräten. Danach verteilen sich die Steinkohlenvorräte auf die einzelnen Erdteile wie folgt:

	sichere Vorräte Mill. t	wahrscheinliche u. mögliche Vorräte Mill. t
Ozeanien	2 504	131 636
Asien	20 205	1 147 530
Afrika	345	56 440
Nordamerika	29 836	2 231 688
Europa	249 762	497 746

Im Deutschen Reich beträgt der sichere Vorrat 95 Milliarden, der wahrscheinliche 315 Milliarden Tonnen, im ganzen 410 Milliarden. Für Großbritannien ergaben die Schätzungen einen Gesamtvorrat von 190 Milliarden, für Frankreich einen solchen von 16 Milliarden, für Belgien 11 Milliarden, für Österreich-Ungarn 41 Milliarden Tonnen.

In nachstehenden Tafeln ist eine Reihe typischer Steinkohlen nach den Ergebnissen der chemischen und kalorimetrischen Untersuchung zusammengestellt. Die Elementarzusammensetzung der Rohkohle ist nicht charakteristisch für die Kohle nach ihrer Herkunft, ebensowenig wie der Rohkohlenheizwert, da Zusammensetzung und Heizwert stark durch den wechselnden Wasser- und Aschegehalt beeinflußt werden. Dagegen sind Reinkohlenzusammensetzung, Reinkohlenverbrennungswärme und Gehalt der Reinkohle an Kokskohlenstoff und flüchtigen brennbaren Bestandteilen charakteristisch für die Herkunft der Kohlen.

Die analytischen Daten sind, soweit sie nicht vom Verfasser (M) stammen, folgenden Quellen entnommen bzw. nach folgenden Quellen berechnet:

A = Aufhäuser, Kohlenuntersuchungen 1912.

B = Veröffentlichungen der Lehr- und Versuchsanstalt an der Techn. Hochschule Karlsruhe, Jour. Gasbel. 56.

L = Langbein, Die Auswahl der Kohlen, Leipzig 1905.

Literatur:

Allgemeines:
Aufhäuser, Vorlesungen über Brennstoffkunde, Hamburg 1910.
Ferdinand Fischer, Chemische Technologie der Brennstoffe, Braunschweig 1897 bis 1901.
Franz Fischer, Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, 3 Bde., Berlin 1917—19.
Frech, Deutschlands Steinkohlenfelder und Steinkohlenvorräte, Stuttgart 1912.
F. Freise, Vorkommen und Verbreitung der Steinkohle, Stuttgart 1908.
W. Haus, Die rationelle Bewertung der Kohle, Leipzig 1905.
F. W. Hinrichsen u. S. Taczak, Die Chemie der Steinkohle, III. Auflage von Muck, Die Chemie der Steinkohle, Leipzig 1916.
F. E. Junge, Die rationelle Auswertung der Kohle, Berlin 1909.
P. Kukuk, Unsere Kohlen. Sammlung: Aus Natur- und Geisteswelt. 396. Bändchen, Leipzig 1913.
H. Potonié, Die Entstehung der Steinkohle, Berlin 1913.
F. Schwackhöfer, Die Kohlen Österreich-Ungarns, Preußisch-Schlesiens und Russisch-Polens, neu bearbeitet von A. Cluß u. J. Schmidt, Wien 1913.
Einzelnachweise.
1. Ber. chem. Ges. **44,** 2486.
2. ibid. **46,** 3342.
3. Glückauf **1916,** 721.
4. J. Gasbeleucht. **1906,** 667.
5. J. Chem. Soc. **105,** 141.
6. Bull. Univers. Illinois, Engineering Experiment Station Nr. 60, 79.
7. F. Fischer, Ges. Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, 3 Bände, Berlin.
8. Derselbe, ibid. Bd. 2, S. 12.
9. Z. angew. Chem. **19,** 657.
10. J. f. Gasbeleucht. **1913,** 1160.
11. Hinrichsen u. Taczak, Chemie der Kohle, Leipzig 1916, S. 171. Mohr, Landwirtschaftl. Jahrbücher, 38, Ergänzungsband V, S. 345.
12. Hinrichsen u. Taczak, Chemie der Kohle, S. 171.
13. Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie, Bd. III, S. 46.
14. Fischer, Ges. Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. II, S. 160.
15. A. Schondorff, Preuß. Zeitschr. XXIII, S. 135, nach Hinrichsen u. Taczak, Chemie der Kohle S. 217.
16. Ann. des Mines, **1873,** 169, nach Hinrichsen u. Taczak, Chemie der Kohle S. 219.
17. Z. angew. Ch. **31,** 1825.
18. Hinrichsen u. Taczak, Chemie der Kohle S. 291.
19. Ebda, S. 301ff.
20. Dinglers Polytechn. J. **1874,** 403.
21. Sundstrom, J. Am. chem. Soc. **25,** 184. Pennock u. Morton, ibid. **25,** 1265.
22. Brunck, J. angew. Ch. **18,** 1360.
23. Z. angew. Ch. **13,** 1227.
24. ibid. **17,** 616.
25. Muck, Chemie der Steinkohle, 2. Aufl., S. 10.
26. ibid. S. 32.
27. Hinrichsen u. Taczak, Chemie der Kohle S. 329.
28. Aus Kukuk, Unsere Kohlen, Leipzig 1913.
29. G. S. Pope, The Purchase of coal by the Government under specifications, Washington 1910.
30. Die Chemie der Kohle, S. 369.
31. Freise, Vorkommen und Verbreitung der Steinkohle, Stuttgart 1908.

32. Z. angew. Ch. 1919, Wirtschaftl. Teil, S. 68.
33. ibid. S. 326.
34. The coal resources of the World, Toronto 1913. Stutzer, Kohle, Berlin 1914. O. Mohr.

2. Steinkohlenkoks, franz.: coke; engl: coke.

Aus Steinkohlen durch Erhitzen unter Luftabschluß erhalten entweder in den Kokereien (Hütten- oder Zechenkoks) oder in den Gasanstalten (Gaskoks).

Chemische Natur. Wie die Steinkohle (siehe dort) ist auch der daraus gewonnene Koks kein einheitlicher chemischer Stoff, sondern setzt sich zusammen aus brennbarer Substanz oder Reinkoks, den Mineralbestandteilen oder Asche und der Feuchtigkeit. Die Menge der beiden letzteren Bestandteile unterliegt starken Schwankungen.

Der Aschegehalt liegt bei Zechenkoks meist zwischen 7 und 15%, bei Gaskoks liegt er meist höher, etwa zwischen 10 und 20%.

Wassergehalt des lufttrockenen Kokses 1—2%, meist enthält der Koks noch grobe Feuchtigkeit (siehe unter Reinkohle), so daß der Gesamtwassergehalt bei Zechenkoks bis 15%, bei Gaskoks bis 20% und darüber steigen kann.

Der Reinkoks besteht in überwiegendem Maße aus Kohlenstoff, mit geringen Mengen Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel. Der Gehalt an Kohlenstoff liegt zwischen 94—97%, an Wasserstoff zwischen 0,6—1,0%, Sauerstoff 1,5—3%, Stickstoff 0,5—1,5%. Von Bedeutung für die Verwendung des Koks zu metallurgischen Zwecken (Gießerei) ist die Höhe des Schwefelgehaltes, der bei deutschem Koks meist zwischen 1 und 1,5% liegt. Bemerkenswert ist, daß der Schwefel in überwiegendem Maße, meist zu mehr als 75%, in organischer Bindung im Koks vorhanden ist, die Mengen des Sulfid- und Sulfatschwefels sind nur geringfügig. Ebenso wie die Steinkohlen enthält auch der daraus gewonnene Koks Phosphor, die Menge ist sehr gering, durchschnittlich etwa 0,02%. Die Zusammensetzung der Asche ist im allgemeinen dieselbe wie bei der Steinkohle, aus der der Koks gewonnen wurde, demgemäß sind auch die Ascheneigenschaften, namentlich die Schmelzbarkeit, die gleichen wie bei den zugehörigen Kohlen. Nach Teune[1]) steigt der Schmelzpunkt der Asche mit größer werdendem Zähler der Formel:

$$\frac{SiO_2 + Al_2O_3}{Fe_2O_3 + CaO + MgO}.$$

Bei leicht schmelzbaren Koksaschen liegt der Schmelzpunkt unter 1200° und steigt bei schwer schmelzbaren Aschen auf über 1500°.

Äußeres Aussehen. Das äußere Aussehen des Kokses ist nach der Herstellungsart etwas verschieden. Der Zechen- oder Hüttenkoks bildet prismatische, harte, poröse Stücke. Die äußere Schicht, der „Kopf", ist meist blumenkohlähnlich zerklüftet. Die Farbe ist silbergrau bis hellgrau, glänzend, bisweilen auch schwarz, glanzlos. Gaskoks bildet meist kleinere Stücke von unregelmäßiger Gestalt, die Farbe ist dunkler als die des Zechenkoks. Beide Koksarten sind stark porös, der Gaskoks stärker als der Zechenkoks. Dunkle Farbe ist öfters Zeichen für ungares Brennen, helle, glänzende Farbe läßt auf niedrigen Aschegehalt schließen.

Dichte. Man muß unterscheiden die wirkliche Dichte, d. h. die Dichte der Koksubstanz und die scheinbare Dichte, die Dichte des porösen Kokses. Simmersbach[2]) gibt folgende Werte für die Dichte von Koks verschiedener Herkunft:

Herkunft	Zechenkoks			Gaskoks
	Westfalen	Oberschlesien	Sachsen	Oberschlesien
Scheinbare Dichte	0,69—0,96	0,90—1,14	0,68—0,92	0,83—0,87
Wirkliche „	1,82—2,02	1,53—1,88	1,64—1,84	1,65—1,74

Das scheinbare spez. Gewicht hängt von Zahl und Größe der Poren und der Dichte der Koksubstanz ab, die wahre Dichte hängt von der Höhe des Aschengehaltes und von der Dichtigkeit der Reinkoksubstanz ab.

Die Porosität wird durch eine Reihe von Umständen beeinflußt. Je feiner das Korn der verkokten Kohle, desto dichter der Koks. Hoher Gasgehalt der Kohle und schnelle Entgasung erhöhen die Porosität.

Hohe Verkokungstemperatur erhöht die Dichte. Für Ruhrkoks liegt die Porosität meist zwischen 48 und 56%.

1 cbm Zechenkoks wiegt im Durchschnitt 500 kg, 1 cbm Gaskoks 330—410 kg[3]).

Thermische Eigenschaften. Koks ist unschmelzbar und zeigt beim Erhitzen kein Erweichen mehr.

Wärmeleitfähigkeit[4]): für gepulverten Koks bei 0—100°: 0,00044. Für nicht gepulverten Koks liegen keine genauen Werte vor; je dichter und fester der Koks, desto größer ist das Leitvermögen.

Spezifische Wärme:

für Saarkoks[5])	100°	0,157	1000°	0,331
	200°	0,177	1500°	0,428
	500°	0,235	2000°	0,525
für Ruhrkoks[6])	750°	0,377	950°	0,394
	840°	0,390	1050°	0,400.

Verbrennungswärme, Heizwert. Die Verbrennungswärme der Reinkokssubstanz liegt zwischen 7800 und 8100 kcal. Die Verbrennungswärme (bezogen auf flüssiges Verbrennungswasser) und der Heizwert (bezogen auf dampfförmiges Verbrennungswasser) des Kokses schwankt je nach Wasser- und Aschegehalt des Kokses innerhalb sehr weiter Grenzen, bei Koks von guter Durchschnittsqualität liegt der Heizwert zwischen 7000 und 7500 Wärmeeinheiten.

Der pyrometrische Heizeffekt, d. h. die zu erzielende Verbrennungstemperatur steigt mit der Dichte des Kokses, er sinkt mit steigendem Wassergehalt und mit steigendem Luftüberschuß bei der Verbrennung. Nach Simmersbach (l. c.) liefert Koks bei Verbrennung mit der theoretisch erforderlichen Luftmenge eine Verbrennungstemperatur von etwa 2400°, bei Verbrennung mit dem doppelten Luftvolumen nur noch 1340°.

Die Entzündungstemperatur[7]) liegt für Koks bei etwa 700°, der entzündete Koks bedarf zum Weiterbrennen lebhaften Luftzugs. Die Entzündungstemperatur liegt bei porösem, wenig festem Koks tiefer.

Mechanisch-technische Eigenschaften. Die Verwendung des Kokses setzt eine ziemlich große Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung voraus. Sehr guter Koks hält einen Fall aus 3 m Höhe auf eine harte Fläche aus, ohne zu brechen oder rissig zu werden, mittelguter Koks wird beim Fall aus 1,5 m Höhe rissig, ohne zu brechen (Sturzfestigkeit). Weiter muß der Koks genügende Druckfestigkeit besitzen. Für Ruhrkoks schwanken die Werte für Druckfestigkeit nach Simmersbach[8]) zwischen etwa 100 und 240 kg/qcm, für oberschlesischen Gaskoks wurden Werte von 101 bis 154 kg/qcm gefunden. Von großem Einfluß auf die Druckfestigkeit ist der Porositätsgrad — mit zunehmender Porosität sinkt die Festigkeit. Steigender Aschengehalt drückt die Festigkeit herab. Je backfähiger die Kohle, desto härter der Koks, günstig auf die Festigkeit wirkt lange Garungszeit und hohe Verkokungstemperatur.

Nicht nur gegen Zerdrücken, sondern auch gegen Zerreiben muß der Koks widerstandsfähig sein, geringe Zerreibfestigkeit macht den Koks für längeren Transport ungeeignet, für Verwendung im Hochofen ist leicht zerreiblicher Koks nicht geeignet.

Chemisches Verhalten. Koks stellt einen gegen chemische Agenzien (Laugen, Säuren Lösungsmittel aller Art) außerordentlich widerstandsfähigen Stoff dar, die meist ohne jede Einwirkung sind. Oxydationsschmelzen, wie Soda und Salpeter, Erhitzen mit Eschka-Gemisch (siehe unter Steinkohlen) verbrennen den Koks vollständig.

Beim Erhitzen an der Luft entzündet sich der Koks und verbrennt bei genügendem Zug vollständig. Bei niederen Temperaturen findet aber bereits geringe Oxydation durch den Luftsauerstoff statt, beginnend etwa bei 300° und langsam ansteigend bis 500°. Von da ab wird die Einwirkung lebhaft, um, wie bereits erwähnt, bei etwa 700° zur Entzündung des Kokses zu führen. Die Verbrennungsgeschwindigkeit hängt sehr von der Härte des Kokses ab, weicher Koks verbrennt wesentlich schneller als harter Koks. Nach Thörner[9]) verhält sich die Verbrennungsgeschwindigkeit von gewöhnlichem Koks zu der von Steinkohle = 1 : 1,45, von gewöhnlichem Koks zu der von Anthrazit = 1 : 0,89.

Kohlendioxyd reagiert mit Koks bei höherer Temperatur unter Bildung von Kohlenoxyd, merkbar setzt dieser Vorgang bei 500—600° ein, eine vollständige Reduktion des Kohlendioxydes zu Kohlenoxyd kann erst bei etwa 1100° eintreten, da in der Reaktionsgleichung

$$CO_2 + C \lesseqgtr 2CO$$

jeder Temperatur ein bestimmtes Gleichgewichtsverhältnis zwischen CO und CO_2 entspricht; und zwar sinkt mit steigender Temperatur der Kohlendioxydgehalt, um bei etwa 1100° = 0 zu werden.

Überhitzter Wasserdampf wirkt auf Koks nach der Gleichung

$$C + H_2O = CO + H_2.$$

Der Vorgang vollzieht sich bei Temperaturen von etwa 900—1000°, das entstehende Gas spielt als Wassergas eine wichtige Rolle. Bei Einwirkung größerer Mengen Wasserdampf kann sich auch noch der weitere Vorgang abspielen:

$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2.$$

Untersuchung des Kokses. Die Prüfung des Kokses ist eine chemische und eine physikalische. Die Probenahme erfolgt nach den gleichen Grundsätzen wie bei der Steinkohle (siehe dort).

Bezüglich der chemischen Untersuchung, Ermittlung des Gehaltes an

Wasser und Asche, Bestimmung des Schwefelgehaltes, Elementaranalyse sei auf die Ausführungen bei Steinkohle hingewiesen.

Die physikalische Prüfung hat zu ermitteln: Heizwert, Dichte (wirkliche und scheinbare), Druckfestigkeit, Sturzfestigkeit, Zerreiblichkeit.

Der Heizwert wird am sichersten kalorimetrisch ermittelt, mit einer Genauigkeit von ± 1% läßt er sich nach folgenden Formeln berechnen[10]):

bei garem Hüttenkoks:

brennbare Substanz × 79,5

bei garem Gaskoks:

brennbare Substanz × 80,0

Das wirkliche spezifische Gewicht wird pyknometrisch an Kokspulver unter Benzol, Toluol, Alkohol oder einer ähnlich rasch netzenden Flüssigkeit bestimmt. Zur Bestimmung des scheinbaren spezifischen Gewichtes werden Koksstückchen, deren Poren durch eine geeignete Flüssigkeit angefüllt sind, in ein geeignetes Gefäß mit derselben Flüssigkeit gebracht und das Volumen der von diesen Koksstückchen (Kokssubstanz + Poren) verdrängten Flüssigkeit gemessen (Methode von Thörner). Wegen weiterer Methoden (von Wüst und Ott, Amerikanische Methode) sei auf das mehrfach erwähnte Werk von Simmersbach verwiesen.

Die Druckfestigkeit[11]) wird an Kokswürfeln von 1 cm Kantenlänge mittels eines Druckapparates (von Firma H. Flottmann & Co., Herne) ermittelt.

Die Sturzfestigkeit[12]) bestimmt man, indem man grusfreie Koksstücke unter Einhaltung der gewöhnlichen Verladeverhältnisse von der Verladebühne etwa 2,5 m hoch in einen leeren und sauberen Eisenbahnwaggon fallen läßt. Der entstandene Koksgrus, sowie alle Stücke, deren längster Durchmesser unter 90 mm liegt, werden gewogen und in Prozente der gesamten Koksprobe umgerechnet.

Die Zerreibfestigkeit[13]) wird in der Weise bestimmt, daß etwa 50 kg Koks in einer Trommel 4 Minuten bei 25 Turen in der Minute gedreht werden und nach dieser Zeit einer Trennung durch Absieben unterzogen worden.

Außergewöhnlicher harter Koks behält	90%	auf einem Sieb mit 40 mm Maschenweite
sehr harter Koks	80—85%	
harter Koks	75%	
weicher Koks	unter 75%	

Hoher Feuchtigkeitsgehalt setzt den Festigkeitsgrad des Kokses etwas herab.

Technologisches. Der Koks ist vollkommen wetterfest, so daß besondere Vorsichtsmaßregeln beim Lagern, ähnlich wie bei Steinkohlen (z. B. Beschränkung der Stapelhöhe, ständige Temperaturkontrolle usw.) nicht erforderlich sind. Selbstentzündung von Kokslagern ist ausgeschlossen.

Verwendbarkeit. Die Verwendung des Kokses ist eine vielseitige: als Brennstoff in Heizungen, in der Eisenindustrie, zur Erzeugung von Gas, als Filtermaterial.

Als Brennstoff wird Koks vor allem in Zentralheizungen und Dauerbrandöfen verwandt, in beschränktem Maß in Mischung mit Kohle auch zum Heizen von anderen Öfen, besonders Küchenöfen. Zu diesen Zwecken wird hauptsächlich Gaskoks verwendet, gefordert wird wenig schlackender Koks, möglichst grusfrei. Um während der Kriegszeit die Produktion an Kokereinebenprodukten (Benzol, Ammoniak, Teer, Teeröle usw.) möglichst hoch zu halten, ist auch für andere Feuerungen, namentlich Lokomotiv- und Dampfkesselfeuerungen Koks in umfangreichem Maß verbraucht worden. Für diese Feuerungen ist Koks für sich allein wenig geeignet, dagegen erwies er sich meist in Mischung mit Kohle brauchbar. Nach Eintritt normaler Zustände wird er für diese Feuerungen nur noch ausnahmsweise in Frage kommen.

In der Eisenindustrie wird der Koks in größter Menge als Reduktionsmittel im Hochofen und als Heizstoff in der Gießerei verbraucht. Die besonderen Anforderungen, die an Koks für diese Zwecke — es kommt hierfür nur Hüttenkoks in Frage — gestellt werden, ergeben sich aus nachstehender Zusammenstellung[14]):

	Hochofenkoks		Gießereikoks Klasse I		Gießereikoks Klasse II	
	%		%		%	
Asche	9		8		9	
Wasser	5		5		5	
Schwefel	1—1,25	höchstens	1	höchstens	1—1,25	höchstens
Staub am Empfangsort	6		6		5	
Porenraum	50		40		40	
Druckfestigkeit	100 kg/qcm	mindestens	100 kg/qcm	mindestens		

Zur Gaserzeugung dient Koks in Generatoren zur Gewinnung von Generatorgas, Wassergas oder Mischgas, auch in Sauggasanlagen findet der Brennstoff Anwendung zur Gaserzeugung.

Die Porosität macht den Koks als Filtermaterial brauchbar, besonders findet er Anwendung als Filtermaterial bei der biologischen Wasserreinigung. Die hohe Widerstandsfähigkeit gegen chemische Stoffe macht den Koks geeignet als Füllmaterial für Wasch- und Absorptionstürme in der chemischen Industrie.

Handelsformen. Nach der Gewinnung wird zwischen Hütten- oder Zechenkoks und Gaskoks unterschieden. Nach der Aufbereitung unterscheidet man Grob- oder Großkoks und Brechkoks. Grobkoks ist der Koks, wie er aus dem Ofen anfällt, ohne weitere mechanische Zerkleinerung. Das beim Drücken und Auseinanderziehen des Ofenbrandes entstehende Koksklein wird abgesiebt und kommt als Siebkoks in den Handel. Der großstückige Grobkoks wird, soweit er nicht als solcher verbraucht wird, gebrochen und durch Sieben sortiert. Die verschiedenen Sortierungen Brechkoks zeigen etwa folgende Größenverhältnisse:

Brechkoks	I (Knabbelkoks)	zwischen 5—8	oder 6—9 cm
„	II	„ 3—5	„ 4—6 „
„	III Kleinkoks	„ 2—3	„ 2—4 „
„	IV Perlkoks	„ 1—2 cm	
Koksasche		unter 1 cm.	

Eine weitere Klassifikation nahm man früher in Rheinland-Westfalen nach dem Aschengehalt vor und bezeichnete den Koks

I. Klasse	unter	9% Aschengehalt
II. „	„	9—11% „
III. „	über	11% „

Es erscheint fraglich, ob unter den so sehr erschwerten gegenwärtigen Kohlenförderungsverhältnissen diese Klassifikation aufrecht erhalten werden kann.

Handelsmaße und Gewichte. Hüttenkoks wird nach Gewicht (Tonnen) gehandelt, Gaskoks im Kleinhandel häufig nach Hektoliter.

Volkswirtschaftliches. Als wichtigste Koks erzeugende Länder kommen natürlich die hauptsächlichsten Steinkohlenländer in Frage. Die Angaben über die erzeugten Mengen Koks während der Kriegsjahre sind, ebenso wie die Angaben über die Höhe der Steinkohlenförderung, lückenhaft. In den letzten Jahren vor dem Kriege wurden in den hauptsächlichsten Ländern folgende Mengen Zechenkoks gewonnen:

Kokserzeugung in 1000 t.

	1910	1911	1912	1913	1914
Vereinigte Staaten	37 813	32 255	—	42 013	31 349
Deutsches Reich	23 600	25 410	29 000	32 167	27 324
Großbritannien	19 642	—	—	—	—
Belgien	3 111	3 161	—	—	—
Frankreich	2 688	2 900	—	—	—
Rußland	2 750	—	—	—	—
Österreich-Ungarn	1 999	2 058	—	2 560	—

Die Statistik über die Produktion während der Kriegsjahre ist noch zu lückenhaft, um hier aufgeführt zu werden.

Die Preisentwicklung zeigt ganz ähnliche Erscheinungen wie die für Steinkohlen, die Großhandelspreise für 1 Tonne Brechkoks I zeigen folgende Entwicklung seit 1912

1912	19,50 M.
1913	21,00 „
1914	19,00 „
April 1915—Ende 1915	17,50 „
Jan.-April 1916	19,50 „
April-Juli 1916	21,00 „
August-Dezemb. 1916	21,00 „
Jan.-April 1917	25,00 M.
Mai-Juli 1917	28,40 „
Aug.-Sept. 1917	33,80 „
Okt.-Dezemb. 1917	37,40 „
Jan.-Aug. 1918	37,40 „
Sept.-Dez. 1918	41,60 „
Jan.-April 1919	63,20 „
Mai-Juni 1919	99,20 „
ab Juni 1919	109,40 „

Halbkoks. Ganz kurz mag hier der sog. Halbkoks noch erwähnt werden, d. h. der Koks, der bei der Verkokung der Kohle bei niederer Temperatur zwecks Gewinnung des Urteers oder Tieftemperaturteers entsteht. Vom eigentlichen Koks unter-

scheidet sich der Halbkoks chemisch in erster Linie dadurch, daß er nur unvollständig vergast ist, also noch flüchtige brennbare Bestandteile enthält. Fischer gibt für Kohle und daraus gewonnenen Halbkoks folgende Werte an:

	Wasser	flüchtige Bestandteile	Koks	Asche
	%	%	%	%
Kohle	2,5	37,5	62,5	9,3
Halbkoks	—	15—16	84—85	12,8

Reinkohlenzusammensetzung:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Schwefel
	%	%	%	%	%
Kohle	82,2	5,2	8,7	2,1	1,8
Halbkoks	84,9	3,9	7,5	1,9	1,8

Äußerlich unterscheidet sich der Halbkoks vom eigentlichen Steinkohlenkoks durch sehr viel geringere Festigkeit. Oft ist er sehr mürbe und zerreiblich. Durch Druck bei der Entgasung läßt sich der Halbkoks etwas verfestigen. Das spez. Gewicht, das bei der Entgasung ohne Druck 0,45 betrug, stieg bei der Entgasung unter Druck auf 0,68.

Der Halbkoks ist leicht entzündlich und verbrennt ruß- und rauchfrei, so daß er vielleicht eine Zukunft als Brennstoff für Feuerungen hat, wo auf ruß- und rauchfreies Brennen Wert gelegt wird.

Literatur:

Allgemeines:
a) A. Berthold, Probenahme u. Untersuchung von Koks, Kohlen und Briketts, Essen 1906.
b) F. Fischer, Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, 3 Bde., Berlin 1917—1919.
c) F. W. Hinrichsen u. Taczak, Die Chemie der Kohle, Leipzig 1916.
d) O. Simmersbach, Kokschemie, 2. Aufl., Berlin 1914.
e) Spilker, Kokerei u. Teerprodukte, 2. Aufl., Halle a. S. 1918.
Einzelnachweise:
1. Journ. Gasbeleucht. **1913,** 213.
2. d) S. 224.
3. d) S. 226.
4. J. W. Richards, Metallurgische Berechnungen S. 176.
5. Schinz, Dokumente betreffend den Hochofen, Berlin 1868, S. 32.
6. Otto, Dissertation der Techn. Hochschule Breslau.
7. Geiger, Handbuch der Eisengießerei I, S. 315.
8. d) S. 205.
9. Stahl und Eisen **1886,** 71.
10. d) S. 267.
11. a) S. 32.
12. a) S. 35.
13. d) S. 299.
14. d) S. 243.
15. Fischer, Versch. Abhandlungen.

O. Mohr.

3. Braunkohle; engl.: brown coal. Abarten: Lignit, erdige Braunkohle, Glanzkohle, Pechkohle, Gagat, Dysodil, Pyropissit.

Vorkommen: Große Braunkohlevorkommen finden sich in Mitteldeutschland in der Gegend zwischen Halle, Bitterfeld, Zeitz, ferner in der Lausitz, am Rhein, in der Gegend von Bonn. Diese Kohlen sind meist sehr wasserreich und mehr von erdiger, teilweiser auch holziger Struktur. Die Braunkohlenvorkommen in Böhmen sind anderer Art, die Kohle ist dort großstückig, fest und von mehr schwarzer Farbe. Ferner finden sich große Braunkohlenvorkommen in Rumänien, in Rußland und Nordamerika. Sie ist wahrscheinlich viel verbreiteter, als die bis jetzt erschlossenen Lager annehmen lassen.

Aussehen: Die Braunkohle kann in so verschiedenen Formen auftreten, daß man die verschiedenen Glieder auf den ersten Blick überhaupt nicht als Angehörige derselben Körperklasse ansehen würde. Die in Mitteldeutschland gefundene Braunkohle ist erdig, braun und, von sogenannten Knorpeln abgesehen, zusammenhanglos. Der Pyropissit, eine sehr bitumenreiche Kohle, die verhältnismäßig selten mit der erdigen Braunkohle zusammen vorkommt, ist von heller Farbe, schmilzt in der Flamme zusammen und sieht getrocknet ganz hellgelb, fast weiß aus. Zwischen erdiger Braunkohle und Pyropissit gibt es alle möglichen Zwischenstufen. Der Lignit, eine holzige Braunkohle, sieht aus wie gebräuntes Holz, läßt sich wie Holz spalten und seine Destillationsprodukte ähneln auch mehr denen des Holzes. Auch der Lignit kommt oft im Gemisch mit erdiger Braunkohle vor, teilweise noch in Form von ganzen Stämmen. Die Pechkohle sieht, wie schon ihr Name sagt, schwarz und glänzend aus; fast wie Pech. Sie spielt infolge ihrer ge-

ringen Menge keine große Rolle in der Kohlenwirtschaft. Ferner gibt es Kohlen, die erdiger Natur sind und die eine schöne rotbraune Farbe zeigen, so daß sie direkt als Malerfarbe benutzt werden, wie das Kasseler und Kölner Braun.

Zusammensetzung. Alle Braunkohlen mit Ausnahme der Pechkohle und ähnlicher Glanzkohlen enthalten mehr oder weniger große Mengen Wasser als Grubenfeuchtigkeit. Der Wassergehalt kann bis zu 60% und mehr betragen; je älter geologisch die Braunkohlen sind, um so geringer ist auch gewöhnlich der Gehalt an Grubenfeuchtigkeit. Ein Teil des Wassers, etwa 10—15%, sind in fester Bindung in der Kohle vorhanden, so daß die bei gewöhnlicher Temperatur durch Trocknen nicht entfernt werden können, sondern erst bei höherer Temperatur im Trockenschrank entweichen. Außer dem Wasser enthält die Kohle noch die verbrennlichen organischen Substanzen und Asche. Außerdem kann die Kohle noch zufällige Bestandteile enthalten, wie Doppelschwefeleisen (Markasit), Harzeinschlüsse und dergleichen, die aber in der Praxis keine Rolle spielen, höchstens daß sie, wie der Markasit, die Neigung der Kohle zu Selbstentzündung erhöhen. Die verbrennliche organische Substanz besteht der Elementarzusammensetzung nach aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, wechselnden Mengen Schwefel und Stickstoff. Über die Zusammensetzung einiger Kohlen gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß.

Kohlensorte	Herkunft	C	H	O (mit N und flücht. S)	Asche	Berechnet für Reinkohle C	Berechnet für Reinkohle H	Berechnet für Reinkohle O (mit N und flücht. S)	Analysiert von
Lignit	Laubach	57,28	6,03	36,10	0,59	57,62	6,07	36,31	Liebig
Erdige Kohle	Grube v. d. Heydt bei Halle-Ammendorf	57,43	5,88	24,83	11,86	65,16	6,67	28,17	Erdmann
Feuerkohle	Costebran (Bergrev er West-Kottbus)	62,11	4,75	26,23	6,91	66,72	5,10	28,18	Langbein
Förderkohle	Leonhard (b. Meuselwitz, Bergrevier Zeitz)	61,49	4,95	23,26	10,20	68,47	5,51	26,02	Langbein
Gemeine Braunkohle	Schönfeld in Böhmen	61,20	5,17	21,28	12,35	69,82	5,90	24,28	Heinitz
Blätterkohle	Grube Wilhelmsfund (Westerw.)	62,80	6,76	19,43	11,01	70,57	7,60	21,83	Casselmann
Pechkohle	Pensberg i. B.	69,50	4,63	20,47	5,40	73,47	4,89	21,64	Till
Gaskohle	Falkenau	70,54	6,67	13,81	8,98	77,50	7,33	15,17	Langbein
Glanzkohle	Meißner i. Hessen	82,00	4,20	5,90	7,90	89,03	4,56	6,41	Gräger

Die Zusammensetzung ist hierbei auf getrocknete, wasserfreie Kohle ausgerechnet. Wie wasserhaltige Braunkohle zusammengesetzt ist, ersieht man aus einigen der nachstehenden Analysen, die Langbein, der sich um die Kenntnis der Mitteldeutschen Kohlen große Verdienste erworben hat, von einigen Braunkohlen und Braunkohlenprodukten vornahm.

(Tabelle s. S. 144 u. 145.)

Eigenschaften: Das spez. Gewicht der Kohle schwankt je nach ihrem Aschegehalt und der Zusammensetzung zwischen 0,9 und 1,5. Von grubenfeuchter Kohle rechnet man den cbm zu etwa 750 kg. Beim Austrocknen schrumpft die Kohle stark zusammen, namentlich die erdige Braunkohle. Die Kohle ist, von Ausnahmen, wie dem Pyropissit, abgesehen, nicht schmelzbar, ist im trockenen Zustande ein Nichtleiter der Elektrizität; erst durch Verkokung wird sie leitend, erleidet dabei aber eine gründliche Änderung in der chemischen Zusammensetzung dadurch, daß fast aller Wasserstoff, Sauerstoff, sowie Anteile des Stickstoffs und Schwefels entweichen und die Asche, die ja nicht flüchtig ist, sich dementsprechend in dem Rückstand anreichert. Beim Behandeln mit Lösungsmitteln geben die Kohlen, besonders wenn sie vorher getrocknet sind, mehr oder weniger große Mengen Extrakt. Am wenigsten geben die Pechkohlen, am meisten wachsreiche Kohlen, wie der Pyropissit. Infolge ihres Gehalts an extrahierbaren Bestandteilen bilden die wachsreichen Kohlen die Grundlage der Montanwachsgewinnung (s. d.). Die Braunkohlen neigen namentlich bei dichter

Lagerung zu Selbstentzündung, welche Eigenschaft sich auch auf die Braunkohlenprodukte, wie Briketts, überträgt. Der Heizwert der Braunkohle, die wertvollste Eigenschaft, auf der die Verwendung der Kohle beruht, hängt ab von dem Wasser- und Aschengehalt. Der Verbrennungswert der reinen, asche- und wasserfreien Kohlesubstanz schwankt in nicht sehr hohen Grenzen von etwa 6—7000 Wärmeeinheiten, infolge des Wasser- und Aschegehaltes aber können bei den Kohlen selbst Schwankungen von 1800—5000 kcal vorkommen. Da der große Wassergehalt namentlich der erdigen Braunkohlen die Verwendung der Kohlen beeinträchtigt insofern, als dadurch der wirtschaftliche Versendungsradius mit der Bahn herabgedrückt wird, da ja die Fracht für das nutzlose Wasser mitbezahlt werden muß und da ferner auch durch den Wassergehalt die Ausnutzung des Wärmeinhalts der Kohle beeinträchtigt wird, hat man versucht, durch vorherige Trocknung mit darauffolgender Formung der Kohle ein höherwertiges und weiterer Versendung fähiges Produkt zu erzeugen, das Brikett, nachdem man schon früher ein Mittelding zwischen Brikett und Kohle erzeugte, den Naßpreßstein, bei dem man erst die Formung vornahm und dann eine nachfolgende natürliche Trocknung folgen ließ, wie später beschrieben wird.

Gewinnung. Die Braunkohle kann auf zweierlei Arten gewonnen werden, entweder im Tagbau oder im Tiefbau. Den Tagbau wählt man, wenn das über der Kohle stehende Erdreich, das sogenannte Deckgebirge, nicht wesentlich über 2mal so stark ist, wie das zu gewinnende Kohleflöz, sonst greift man zum Tiefbau. Der Tagbau hat verschiedene Vorzüge vor dem Tiefbau. Einmal kann man alle Kohle gewinnen, ohne Sicherheitspfeiler stehen lassen zu müssen wie beim Tiefbau; dann kann man, was namentlich zu Zeiten knapper und teurer Arbeitskraft wichtig ist, oft die Kohle durch Baggerbetrieb gewinnen. Ein Nachteil des Tagbaues ist, daß man das ganze über der Kohle stehende Erdreich wegschaffen muß und daß die im Tagbau stehenden Arbeiter und die zu gewinnende Kohle den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Der Tiefbau erfordert die Anlegung eines Schachtes und von dem Schacht gehen die in der Kohle führenden Strecken aus. Man gewinnt vom äußersten Ende der Strecke aus die Kohle, läßt dann das Deckgebirge zusammenbrechen und geht so weiter nach dem Schacht zu zurück, bis alle Kohle gewonnen ist. Mittlerweile sind dann einige Jahre vergangen und das nachgebrochene Deckgebirge ist zur Ruhe gekommen, so daß man wieder neue Strecken in der Kohle vortreiben kann und von neuem die Ausbeutung in Angriff nehmen kann, bis das ganze Feld abgebaut ist.

Verwendung. Die Braunkohle dient vor allem als Wärmequelle, daneben aber auch als Rohstoff zur Herstellung von Teer, Ölen und Paraffin. Zum Heizen im Haushalt ist sie in rohem Zustande nur bedingt verwendbar. Ohne weiteres sind brennbar die gröberen Stücke, die sogenannten Knorpel und die lignitischen Stücke. Die erdige Kohle würde durch die Roste fallen, brennt auch infolge ihres hohen Wassergehalts in der Haushaltungsfeuerung schwer an. Für Fabrikbetrieb ist sie ohne weiteres geeignet und die gesamte mitteldeutsche Industrie, wie Kaliindustrie, Zuckerindustrie, beruht auf dem Vorkommen der Braunkohle. Sie bedarf zum Brennen aber entweder Treppenroste, damit sie nicht durch die Roste fällt, oder besonderer Verbrennungseinrichtungen, die mit Unterwind arbeiten. Um sie für den Hausbrand geeigneter zu machen hat man, wie schon oben erwähnt, versucht, die Kohle in große Stücke überzuführen, so daß sie nicht durch die Roste fällt, und zugleich den Wassergehalt zu verringern. Die erste Form, in der das geschah, waren die Naßpreßsteine, die sich in ihrer Herstellung an die der Mauerziegel anschlossen. Die Herstellung der Naßpreßsteine ist aber im Abnehmen begriffen zugunsten der Herstellung von Briketts. Die bis auf einen Wassergehalt von etwa 15% getrocknete Kohle kommt in Sammelräume, von denen aus sie durch Schnecken zu den Pressen geführt wird. Die Pressen arbeiten mit sehr hohem Druck von etwa 1000—1500 atm. Bei jedem Vorwärtsgang des Preßstempels wird ein Brikett fertig. 3 Tonnen Rohkohle geben etwa 1 Tonne Briketts und zwar werden 0,8 Tonnen Rohkohle als Heizkohle für die Dampfkessel zum Betrieb der Pressen und der Trockenapparate gebraucht und 2,2 Tonnen selbst zu Herstellung des Briketts, die Differenz ist Grubenfeuchtigkeit, die entweicht. Die Briketts haben den Vorzug wesentlich größerer Heizkraft gegenüber der Rohkohle infolge ihres geringen Wassergehalts (15% gegenüber 50—60%), sie verhalten sich ferner wie harte böhmische Braunkohle und fallen nicht durch den Rost, wie es die Rohkohle tun würde. Man stellt sogenannte Salonbriketts her in der bekannten elliptischen Form und Würfelbriketts, letztere namentlich für Industriezwecke, außerdem noch Semmelbriketts und einige ähnliche weniger gangbare Formen.

Zusammensetzung der Rohkohle in 100 T. Rohkohle sind enthalten								100 T. Rohkohle geben		
Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Schwefel	Sauerstoff	Wasser	Asche	kcal Heizwert	Koksausbeute	fixen Kohlenstoff	flüchtige Bestandteile
										Braun-
									I. Lignite und erdige Braunkohle.	
27,55	2,14	0,28	0,84	13,03	52,48	3,68	2167	24,37	20,69	23,15
25,89	2,00	0,39	0,74	11,36	56,60	3,02	1983	25,19	22,17	18,21
26,85	2,20	0,29	0,80	11,27	53,89	4,70	2121	25,33	20,63	20,78
									b) Provinz	
19,89	1,88	0,35	0,19	10,28	56,64	10,77	1422	22,04	11,27	21,32
										West-
27,51	2,33	0,47	0,36	11,04	53,33	4,96	2172	24,01	19,05	22,66
									Pyropissit aus Ammendorf	
67,71	9,78	—	0,76	9,36	4,53	7,86	7567	13,82	5,96	81,65
									II. Briketts. a) Königreich und	
52,34	4,30	—	1,12	20,94	12,96	8,34	4873	41,30	32,96	45,74
52,67	4,71	0,82	1,17	19,11	14,42	7,10	4929	40,95	33,85	44,63
										b) West-
45,51	3,79	0,55	0,83	16,49	20,07	12,76	4064	41,95	29,19	37,98
										c) Rhein-
49,78	3,33	0,46	2,18	22,94	15,15	6,16	4431	48,30	42,14	36,55
										III. Böhmische
56,42	4,21	1,01	0,27	16,82	18,00	3,27	5249	42,32	39,05	39,68
52,01	4,09	0,69	1,20	13,93	24,38	3,70	4852	39,32	35,62	36,30

Handelsformen. 1. Rohkohle. An manchen Stellen wird die Kohle erst durch Siebe getrieben, um sie in verschiedene Größen zu trennen, namentlich ist das bei solcher Kohle der Fall, die sich infolge ihrer großstückigen Beschaffenheit und geringen Grubenfeuchtigkeit gut sieben läßt, sonst wird sie so versandt, wie sie gefördert ist. 2. Eine weitere Handelsform ist der schon erwähnte Naßpreßstein, und schließlich 3. das Brikett. Die Rohkohle wird gewöhnlich nach Tonnen gehandelt, bei der Förderung rechnet man mit hl und zwar wird das hl zu 75 kg gerechnet. Die Rechnung nach hl findet sich andererseits auch im Kleinhandel, da die Kohle hier statt durch Wägung durch Abmessen abgeteilt wird. Richtiger und sicherer ist stets die Angabe des Gewichts. Die Naßpreßsteine werden nach Stück gehandelt, die Briketts wieder im großen nach Tonnen, im kleinen oft auch nach der Stückzahl, namentlich Salonbriketts.

Preise: Der Preis der Braunkohle und Braunkohleprodukte war vor dem Krieg ziemlich stetig, hat im Krieg aber großen Schwankungen unterlegen, aber fast ausschließlich bewegten sich die Preise nach oben. Während der Wert der Tonne Braunkohle im Jahre 1911 durchschnittlich 2,49 M. betrug, wird jetzt die Tonne mit weit über 70 M. berechnet. Ein Wagen Briketts, der vor dem Kriege 90 M. kostete, hat jetzt einen Wert von etwa 1500 M. Die Preise sind noch immer im Fluß.

Produktion. Die Produktion an Braunkohlen betrug im Jahre 1913 87116343 t, die an Briketts im gleichen Jahre 21392349 t, die in der Menge der geförderten Kohle mit enthalten sind, an Naßpreßsteinen etwa 500000 t. Die Produktion an Braunkohle stieg im Kriege infolge der Möglichkeit des maschinellen Abbaus im Tagebau und infolge des steigenden Bedarfs an Kohlen auf über 100000000 t. Bei dieser und etwa noch steigender Ausbeute werden unsere Braunkohlenlager nur etwas über 100 Jahre reichen, da der Gesamtvorrat an Braunkohle in Deutschland auf etwa 13000000000 t geschätzt wird, während an Steinkohle viel größere Vorräte vorhanden sind.

100 T. Rohkohle enthalten brennbare Substanz	Zusammensetzung der Reinkohle 100 T. wasser- und aschefreie Substanz enthalten					Verbrennungswärme kcal	Für 100 T. Reinkohle berechnen sich		Auf 1000 C kommen verbrennbarer Wasserstoff
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Schwefel	Sauerstoff		fixer Kohlenstoff	flücht. Bestandteile	
kohle.									
a) Königreich und Provinz Sachsen, Altenburg (Meuselwitz).									
43,84	62,83	4,88	0,64	1,92	29,73	5947	47,19	52,81	19
40,38	64,11	4,94	0,96	1,83	28,16	6017	54,90	45,10	26
41,41	64,85	5,30	0,71	1,93	27,21	6192	49,82	50,18	30
Hannover.									
32,59	61,05	5,77	1,07	0,58	31,53	5716	34,58	65,42	30
Preußen.									
41,71	65,95	5,60	1,14	0,86	26,45	6272	45,67	54,33	35
bei Halle (lufttrocken).									
87,61	77,29	11,16	—	0,87	10,68	9271	6,80	93,20	127
Provinz Sachsen, Altenburg (Meuselwitz).									
78,80	66,51	5,46	—	1,42	26,61	6586	41,88	58,12	32
78,48	67,11	6,00	1,04	1,49	24,36	6702	43,13	56,87	44
Preußen.									
67,17	67,76	5,63	0,82	1,24	24,55	6535	43,45	56,55	38
Provinz.									
78,69	63,26	4,23	0,58	2,77	29,16	5975	53,55	46,45	8
Braunkohle.									
78,73	71,66	5,35	1,28	0,34	21,37	7092	49,60	50,40	38
71,92	72,31	5,69	0,96	1,67	19,37	7256	49,52	50,48	45

Literatur:

Klein, Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau, Halle a. S.

Richter und Horn, Die mechanische Aufbereitung der Braunkohle, 1910, Halle a. S.

F. Jünemann, Die Brikettindustrie, Wien und Leipzig.

E. Erdmann, Die Chemie der Braunkohle, Halle a. S.

E. Graefe.

4. Torf, franz.: tourbe; engl.: peat.

Als Torf werden hell- bis dunkelbraune, bisweilen schwarzbraune Massen bezeichnet, die aus Land- bzw. Sumpfpflanzen im ersten Stadium des Inkohlungs- oder Vertorfungsvorganges bestehen, mehr oder weniger durch mineralische Beimengungen verunreinigt.

Chemische Natur. Der Reintorf, d. h. die wasser- und aschefreie Torfsubstanz ist in der Hauptsache aus Zellstoff entstanden und ähnelt in seiner Elementarzusammensetzung der des Zellstoffs um so mehr, je jünger er ist. Mit fortschreitendem Inkohlungsvorgang nimmt der Gehalt an Kohlenstoff zu, während der Gehalt an Sauerstoff im gleichen Maße abnimmt. Der Wasserstoffgehalt ändert sich nur wenig. Da nicht nur der Zellstoff, sondern auch Eiweißstoffe der Torfmoorgewächse an der Torfbildung teilnehmen, enthält die Torfsubstanz auch noch Stickstoff und Schwefel, beides meist nur in geringer Menge. Als Grenzzahlen können je nach dem Alter des Torfes folgende Werte gelten:

Kohlenstoff: 50—60%
Wasserstoff: 5—6,5%
Sauerstoff: 30—40%
Stickstoff: 0,5— 3%
Schwefel: 0,1—0,2%

Der Wassergehalt des frischgestochenen Torfes schwankt zwischen 70 und 95%, lufttrockner Torf enthält noch 20—35% Wasser.

Der Aschegehalt (auf Trockentorf bezogen) schwankt innerhalb weiter Grenzen. Bei sehr aschearmen Torfarten kann er 1% unterschreiten, bei aschereichen Torfen steigt er bis zu 20%, bisweilen noch darüber. Die Zusammensetzung

der Asche zeigt ebenfalls große Verschiedenheiten im Mengenverhältnis der hauptsächlichsten Aschebestandteile: Kalk, Eisenoxyd, Tonerde, Magnesia, Schwefelsäure, Kieselsäure. In der Mehrzahl der Fälle überwiegt von basischen Bestandteilen der Kalk, von sauren Bestandteilen Kieselsäure, bisweilen auch Schwefelsäure.

Morphologie: Die Einteilung der Torfarten kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen.

Vom botanischen Standpunkt erfolgt die Klassifikation nach den Pflanzen, die in der Hauptsache an der Torfbildung beteiligt sind: Schilftorf, Carextorf, Moostorf, Heidetorf, Wollgrastorf, Bruchwaldtorf (aus Erlen, Weiden), Föhrenwaldtorf.

Nach dem Grad der Vertorfung, d. h. dem Alter des Torfes, unterscheidet man:

Moos- oder Fasertorf
oberste Schichten hellbraun;
Sumpf-, Schlief- oder Bruchtorf
mittlere Schichten, dunkel;
Pack- oder Specktorf
unterste Schichten, schwarz, glänzend.

Als Lebertorf wird ein stark sapropelhaltiger Torf von leberartiger Beschaffenheit bezeichnet, der im frischen Zustand gelb bis gelbbraun, im trocknen Zustand dunkelgrau bis schwarzbraun gefärbt ist.

Ist der Vertorfungsvorgang noch nicht weit vorgeschritten, so sind die torfbildenden Pflanzen noch unschwer erkennbar, bei altem Torf verschwindet die pflanzliche Struktur mehr und mehr.

Dichte des frischen Torfes ist, da der Wassergehalt 80—95% beträgt, etwa 1, die des Trockentorfs hängt vom Alter (Grad der Vertorfung) und vom Aschegehalt ab. Kramarsch[2]) gibt folgende Werte an:

Moos- oder Fasertorf	0,213—0,263
Junger brauner Torf	0,240—0,676
Erdtorf, Sumpftorf	0,410—0,902
Pechtorf, Specktorf	0,639—1,039

Die sehr geringe Dichte wird durch die hochgradige Porosität des Torfes bedingt. Das Porenvolumen, in der gleichen Weise wie bei Steinkohlenkoks (siehe dort) bestimmt, wurde von Höring[3]) bei Vardal-Maschinentorf zu 50—58%, bei Kiros-Handtorf zu 60—72% des Gesamtvolumens ermittelt.

Die *spezifische Wärme* beträgt nach Detmer[4]) 0,5079.

Getrockneter Torf entwickelt beim Benetzen mit Wasser ziemlich erhebliche Wärmemengen, nach Mitscherlich[5]) beträgt die Benetzungswärme für 1 g trockenen Moorboden 22,66 cal gegen nur 3,15 cal bei Gartenerde. Die Verbrennungswärme der wasser- und aschefreien Torfsubstanz liegt bei etwa 5200—5500 WE. Der Heizwert des Rohtorfes wird in hohem Maße vom Wasser- und Aschengehalt beeinflußt. Als Durchschnittsheizwert kann angenommen werden

für Torf guter Qualität	3500—4200 kcal.
mittlerer „	2800—3500 „
schlechter „	2000—2800 „

Sinkt der Heizwert infolge sehr hohen Wassergehalts unter 2000 kcal, so ist die Verwendung des Torfs als Brennstoff meist nicht mehr rationell.

Über das Wärmeleitvermögen des Torfes lassen sich keine bestimmten Zahlen geben, es nimmt mit sinkendem Wassergehalt stark ab, so daß trockener Torf ein ausgezeichnetes Isoliermaterial darstellt. Das Isoliervermögen geht bei Naßwerden des Torfes wieder verloren.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Charakteristisch für jüngeren Torf ist starke Zusammendrückbarkeit, die große Aufnahmefähigkeit für Wasser bedingt. Moostorf kann das 25—30fache seines Gewichtes an Wasser aufsaugen. Auch Absorptionsvermögen für Gase besitzt der jüngere Torf (Eignung als Stallstreu). Je weiter der Vertorfungsvorgang vorgeschritten ist, desto mehr geht diese Porosität und damit die Aufnahmefähigkeit für Flüssigkeiten und Gase verloren.

Chemisches Verhalten: Torf zeigt im frisch gestochenen Zustand große Neigung zur Oxydation durch Luftsauerstoff. Trocken ist er ziemlich widerstandsfähig. Seine Entzündungstemperatur liegt sehr niedrig, bei etwa 230—300°. Angezündet verbrennt er mit ziemlich langer Flamme, nach erfolgter Entgasung verläuft die Verbrennung unter Verglimmen.

Ozon führt Torf z. T. in wasserlösliche Stoffe über. Durch Alkalien wird ein großer Teil der Torfsubstanz (die Humussäuren) in Lösung gebracht. Die Lösungen sind tief dunkelbraun gefärbt, durch Säuren werden die Humussäuren aus diesen Lösungen ausgeflockt. Säuren wirken lösend auf einen Teil der Mineralbestandteile. Salpetersäure wirkt je nach der Konzentration oxydierend oder nitrierend auf Torf. Organische Lösungsmittel (Äther, Alkohol u. dgl.) lösen harzartige, fettige, wachsartige Bestandteile des Torfes.

Verhalten beim Erhitzen: Erhitzen unter Luftabschluß verwandelt den Torf unter Entwicklung von Gas, wäßrigen Destillaten, Teer in Koks. Die trockene Destillation im Laboratorium verläuft nach Hoering[6]) in drei Perioden:

1. 100—150° Entweichen des hygroskopischen Wassers,

2. 150—550° eigentliche Verkohlung unter Bildung von Teer, Methylalkohol, Essigsäure, Kohlensäure, Kohlenoxyd und etwas Ammoniak.

3. 550° und höher: völliges Garwerden des Kokses unter Bildung von Kohlenoxyd, Wasserstoff und Ammoniak.

Nach Versuchen im großen Maßstab wurden bei der Torfdestillation folgende Ausbeuten erzielt, und zwar bei Verwendung von Torf mit durchschnittlich 20—35% Wasser: Koks 30—34%, Teer 4,9—7,2%, Wasser 29—41%, Gas 20,1—31,8%, Ammoniak 0,077—0,206%, Essigsäure 0,532—0,676%.

Das Torfgas ist geringwertig, da es außerordentlich reich an Kohlensäure ist. Die Zusammensetzung des Torfgases ist in hohem Maße von der Vergasungstemperatur abhängig.

Materialprüfung: Die Untersuchung des Torfes für Brennzwecke erfolgt in der gleichen Weise wie die anderer Brennstoffe (siehe unter Steinkohle). Torf, der als Streumaterial verwendet werden soll, ist auf Wassergehalt und Wasseraufsaugevermögen[7]) zu untersuchen, der Wassergehalt soll bei Handelsware erster Güte nicht über 35%, bei Ware zweiter Güte nicht über 40% betragen. Das Wasseraufsaugevermögen soll mindestens das 6—11fache des Eigengewichts, bezogen auf Streu mit 30% Wasser betragen.

Technologisches: Haltbarkeit. In feuchtem oder halbfeuchtem Zustand neigt Torf infolge leichter Oxydierbarkeit zur Selbsterhitzung, die bis zur Selbstentzündung gehen kann. Völlig lufttrockener Torf hat diese Eigenschaft verloren.

Gewinnung und Bearbeitung des Torfes. Der Torf wird als Handtorf entweder durch Ausstechen — Stichtorf — in ziegelförmigen Stücken „Soden" gewonnen oder als Back- oder Streichtorf in der Weise gewonnen, daß breiiger Torf in Gruben zum Absitzen zwecks Abtrennung der Hauptmenge des Wassers gebracht wird. Die Torfmasse wird dann ausgestochen oder in Formen ähnlich wie Ziegel gestrichen.

Maschinentorf ist mittels Maschinen verschiedener Konstruktion aus dem Torfmoor gewonnener Torf. Als wichtigste deutsche Typen von Torfgewinnungsmaschinen seien die von Strenge[8]), der Torfbagger von Wielandt[9]) und von Baumann[10]) genannt. Der Maschinentorf wird auch häufig als Preßtorf bezeichnet.

Der frisch geförderte Torf muß, um verwendbar zu werden, einen Trocknungsprozeß durchmachen. Durch Pressen ist das Wasser nur in ganz beschränktem Maße entfernbar, da es durch die Kolloidstoffe (Humussubstanzen) des Torfes und die kapillare Struktur der torfbildenden Pflanzen ungemein festgehalten wird.

Durch Trocknen an der Luft oder mit künstlicher Wärme und durch Elektroosmose läßt sich das Wasser unter Aufrechterhaltung des Kolloidzustandes des Torfs teilweise verjagen. Die Entwässerung durch chemische Zusätze, durch Erhitzen oder Ausfrieren verursacht Zerstörung des Kolloidzustandes. Ohne Anwendung höherer Temperatur läßt sich der frische Torf bis auf einen Wassergehalt von 20—25% trocknen.

Verwendbarkeit: Torf findet hauptsächlich Verwendung als Torfstreu, Torfmull und Brenntorf. Torfstreu ist lockerer, elastischer zerkleinerter Torf mit hohem Aufsaugevermögen für Flüssigkeiten und riechende Stoffe, er wird als Stallstreu benutzt.

Torfmull ist abgesiebte Torfstreu, die keine über 3 mm große Stücke enthalten soll. Die Qualität des Torfmulls wird in erster Linie durch das Wasseraufsaugevermögen bedingt. Verwendung ähnlich wie bei Torfstreu, außerdem noch zur Wundbehandlung. Mit Melasse gemischt, wird er auch als Viehfutter benutzt. Das schlechte Wärmeleitungsvermögen von Torfstreu und Torfmull macht beide für Isolierzwecke geeignet.

Als Brenntorf kann Torf verwendet werden, wenn der Heizwert mehr als 2000 kcal beträgt. In erster Linie kommt er für Hausbrand in den Gewinnungsgegenden in Frage, für industrielle Feuerungen ist er in normalen Zeiten meist ein zu wenig heizkräftiger Brennstoff gewesen, mit dem je nach dem Aschegehalt und Grad der Trocknung nur eine 3—5fache Verdampfung zu erzielen war. Der Kohlenmangel, der als Folgeerscheinung des Weltkriegs auftrat, hat eine stark gesteigerte Verwendung des Torfs auch zu Heizzwecken mit sich gebracht, zu denen früher nur Kohlen verwendet wurden, z. B. zu Lokomotivheizung. Auf den schwedischen Staatsbahnen wird eine Torfstaubfeuerung mit Erfolg benutzt.

Größere industrielle Bedeutung als die direkte Verfeuerung hat die Torfverkohlung und die Torfvergasung. Die Verkohlung erfolgt entweder in Meilern oder in Retorten. Im letzteren Fall können als Nebenprodukte Torfgas, Teer, Essigsäure und Methylalkohol gewonnen werden. Hauptprodukt ist bei beiden Verfahren Torfkoks, der infolge seiner Armut an Asche, zwischen 3—10%, und des fast völligen Fehlens von Schwefel und Phosphor an Stelle von Holzkohle bei der Gewinnung von Qualitätseisen Verwendung findet. Eine große Bedeutung hat zurzeit die Torfverkohlung nicht.

Die Torfvergasung erfolgt in Mondgas-Generatoren[11]), wobei Torf mit 45—

60% Wasser verwendet werden kann, wobei nach Frank u. Caro 80—85% des Torfstickstoffs in Form von Ammoniak, 3—6% Teer und auf 1 t Trockentorf 2500—2600 cbm Gas von 1400—1300 kcal Heizwert gewonnen werden.

Es sind aussichtsreiche Versuche im großen Maßstab gemacht, den Schwerpunkt der Torfverwertung in die Torfmoore selbst zu verlegen und in elektrischen Großkraftzentralen, die entweder durch Dampfmaschinen oder Großgasmaschinen betrieben werden, die im Torf schlummernde Energie nutzbar zu machen und so den Transport des Torfes zu sparen.

Warenkunde: Der Brenntorf kommt meist in ziegelförmigen Stücken, „Soden", in den Handel, die im Kleinhandel häufig nach Stückzahl verkauft werden, im Großhandel nach Gewicht.

Torfstreu und Torfmull wird zum Versand in Ballen von etwa 50 kg Gewicht gepreßt, die drahtumschnürt und an den Kanten durch Holz geschützt sind.

Schreiber[12]) gibt folgende technische Einteilung des Torfs:

I. Nach der Torfentnahme
  A. in unentwässertem Moor:
    1. Baggertorf
  B. im entwässerten Moor:
    1. Brockentorf
    2. Krümeltorf
    3. Stichtorf.

II. Nach der Formgebung der Stücke:
  A. Stichtorf
    1. Handstichtorf
    2. Maschinenstichtorf
  B. Breitorf
    1. Knettorf
      a) nach dem Kneten
        α. Strampftorf
        β. Maschinenknettorf
      b) nach der Formung
        α. Kugeltorf, β. Klitschtorf, γ. Tischtorf } Handformtorf
        δ. Gußtorf, ε. Backtorf } Streichtorf
    2. Maschinenformtorf (fälschlich Preßtorf)
      a) Röhrentorf
      b) Gewöhnlicher Formtorf.

III. Nach der Art der Wasserentziehung:
  A. Lufttrockener Torf
    1. Krümeltorf
    2. Sodentorf
  B. Kunsttrockener Torf und Torfprodukte
    1. Torfpreßsteine (Torfbriketts)
    2. Torfkoks oder Kohle
    3. Torfgas.

Volkswirtschaftliches und Wirtschaftsgeographisches: Zusammenhängende Statistiken über Torfproduktion bestehen nicht. Auch die vorliegenden Angaben über die Moorflächen, die einen Anhalt über die Produktionsmöglichkeit in den einzelnen Ländern geben können, sind nicht vollständig. Durch besonderen Moorreichtum in Europa sind ausgezeichnet: Rußland, Finnland, Schweden, Deutschland (namentlich Nordwestdeutschland) Norwegen, Irland, Schottland.

Literatur:

Allgemeines:

A. Hausding, Handbuch der Torfgewinnung und Torfverwertung, II. Aufl., Berlin 1904.
P. Hoering, Moornutzung und Torfverwertung, Berlin, J. Springer 1915.
Schreiber, Neues über Torfgewinnung und -Verwertung, Staab 1903.
C. A. Weber, Über Torf, Humus und Moor, Bremen 1903.

Besondere Hinweise:

1. Hoering, Moornutzung usw. S. 33.
2. ibid. S. 180.
3. ibid. S. 181.
4. Landwirtschaftliche Jahrbücher **1871**, 248.
5. J. Landwirtschaft **1898**, 255.
6. Hoering, Moornutzung usw. S. 267.
7. ibid. S. 435.
8. J. V. Deutsch. Ing. **1911**, 979.
9. Mitt. V. Förder. d. Moorkultur **1909**, 343; **1912**, 206.
10. ibid. **1914**, 179.
11. Hoering, Moornutzung usw. 600.
12. Schreiber, Neues über Torfgewinnung usw. 62.

O. Mohr.

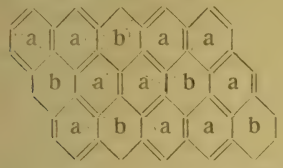
5. Holzkohle, franz.: charbon de bois; engl.: charcoal.

Als Holzkohle wird der bei der trockenen Destillation des Holzes verbleibende Rückstand bezeichnet. Geschieht die Verkohlung des Holzes im Meiler, so wird die Kohle als Meilerkohle bezeichnet, im Ofen (mit Luftzutritt zum Innern) gewonnen als Ofenkohle, in der Retorte (ohne inneren Luftzutritt) erzielte als Retortenkohle bezeichnet.

Chemische Natur: Ebensowenig wie die natürlichen Brennstoffe ist die Holzkohle ein einheitlicher chemischer Stoff, ihre Zusammensetzung schwankt in ziemlich weiten Grenzen nach Gewinnungsart und Verkohlungstemperatur, von geringerem Einfluß ist die Art des verkohlten Holzes. Klar[1]) gibt nach schwedischen Quellen folgende Durchschnittswerte an:

	C %	H %	O + N %	Asche %	Endtemperatur der Verkohlung
Meilerkohle	90,36	2,74	5,72	1,1	über 600°
Ofenkohle	84,18	3,32	11,72	0,78	500°
Retortenkohle	81,15	4,24	13,64	0,97	350°

Auf Grund der Tatsache, daß Holzkohle durch stark wirkende Oxydationsmittel sich mit guter Ausbeute (bis zu 40%) zu Mellithsäure oxydieren läßt, will O. Aschan[2]) folgende Konstitutionsformel für Holzkohle aufstellen:



Das Molekul besteht aus einer großen Zahl Sechserringe, von denen eine Anzahl (a, a) Benzolkerne sind, während eine weitere Zahl als hexahydrierte Benzolringe (b) aufzufassen sind.

Im Gegensatz zu den natürlichen Kohlen, deren Aschengehalt innerhalb weitester Grenzen schwankt, sind die Holzkohlen durchweg aschenarm, als Mittelwert kann 1% angenommen werden. Der Gehalt an hygroskopischem Wasser ist bei frisch gewonnener Holzkohle sehr gering, beim Lagern nimmt sie etwa 10% Wasser aus der Luft auf, in beregneter Kohle kann der Gehalt noch wesentlich höher steigen.

Morphologie: Nach der Art der Verkohlung werden die Holzkohlen als Meiler-, Ofen- oder Retortenkohlen unterschieden, nach der Endtemperatur der Verkohlung als Rotkohle und Schwarzkohle. Rotkohle entsteht bei Verkohlungstemperaturen zwischen 270° und 350°, Schwarzkohle bei Temperaturen über 350°. Ein zwischen Rot- und Schwarzkohle liegendes Produkt wird als Rotholz[3]) bezeichnet. Rotkohle wie Schwarzkohle lassen noch makroskopisch deutlich die Holzstruktur erkennen, mikroskopisch läßt sich die Holzart erkennen, aus der die Holzkohle erzeugt wurde. Es werden sowohl Laub- wie Nadelhölzer zu Kohle verarbeitet, erstere hauptsächlich, wenn die flüssigen Destillationsprodukte, Essigsäure und Holzgeist, das Haupterzeugnis sind, letztere wenn das Hauptgewicht auf Gewinnung der Kohle, Teer und Terpentinöl gelegt wird.

Dichte: Für die Dichte der Holzkohlen gibt Juon[4]) folgende Zahlen an:

	Dichte der luftfreien Kohlenmasse	Dichte der lufthaltigen Kohle	Schüttgewicht für 1 cbm Holzkohle
Tannenkohle	1,38	0,215	131 kg
Fichtenkohle	1,40	0,270	148 „
Birkenkohle	1,46	0,400	190 „

Porosität: Wie sich aus diesen Zahlen ergibt, liegt in der Holzkohle ein außerordentlich poröser Stoff vor; eine der charakteristischen Eigenschaften, das hohe Absorptionsvermögen der Holzkohle, ist durch diese Tatsache bedingt. Für das Verhältnis zwischen Poren und Kohlenmasse gibt Juon[5]) folgende Werte an:

	Poren Volumprozent	Kohlenmasse Volumprozent
Birkenkohle	72,3	27,7
Fichtenkohle	80,6	19,4
Tannenkohle	84,7	15,3

Thermische Eigenschaften: Die spezifische Wärme liegt nach H. F. Weber[6]) für Temperaturen von 0— 24° bei 0,1653
0— 99° „ 0,1935
0—224° „ 0,2385

Mit steigender Temperatur[7]) wächst die spez. Wärme weiter an und zwar beträgt sie für Buchenholzkohle bei 435° 0,243, bei 561° 0,289, bei 728° 0,329, bei 925° 0,356, 1059° 0,368, bei 1197° 0,376, bei 1297° 0,382.

Über das Wärmeleitvermögen liegt folgender Wert vor[8]):

$$0—100° = 0{,}00022.$$

Weitere Angaben von Violette[9]), nach denen die Wärmeleitfähigkeit der Holzkohle, bezogen auf die des Eisens = 100, bei 160° = 59,5 ist, steigend bis zu 66,3 bei 1500° scheinen der Nachprüfung bedürftig.

Die Entzündungstemperatur hängt von der Endtemperatur bei der Verkohlung ab, Violette[10]) gibt folgende Werte an:

Verkohlungstemp.	Entzündungstemp.
300°	360—380°
260—280°	340—360°
290—350°	360—370°
432°	400°
1000—1500°	600—800°
Schmelzpunkt des Platins	1250°

Als Durchschnittswert kann 350—400° angenommen werden.

Verbrennungswärme bzw. Heizwert hängen ebenfalls in hohem Maß von der Verkohlungstemperatur ab, ebenso spielt die Art der Verkohlung (Meiler, Ofen oder Retorte) eine Rolle. Für die auf S. 149 angegebenen Kohlen berechnen sich nach der Dulongschen Formel:

Heizwert = 81 C + 290 (H — $^1/_8$ O) + 25 S — 6 H_2O folgende Heizwerte[11])

Meilerkohle	7302 kcal
Ofenkohle	6798 ,,
Retortenkohle	6548 ,,

Für Kohlen aus verschiedenen Hölzern und verschiedener Gewinnungsart gibt Juon[12]) folgende Zusammensetzung und Heizwert als Durchschnittswert an:

	C %	H %	N + O %	Asche %	Heizwert kcal
			Meilerkohle		
Birkenkohle	87,84	2,94	8,00	1,22	7700
Fichtenkohle	88,12	2,53	8,14	1,21	7650
Tannenkohle	89,71	2,31	6,52	1,40	7750
			Ofenkohle		
Birkenkohle	75,04	3,49	19,83	0,90	6380
Fichtenkohle	75,38	4,13	17,17	1,24	6500
Tannenkohle	73,41	3,45	20,63	1,26	6210

Mechanisch-technische Eigenschaften: Festigkeit. Die Druckfestigkeit ist für Kohlen aus verschiedenen Hölzern erheblich verschieden, sie ist weiter verschieden je nachdem der Druck längs der Faser oder senkrecht zur Faser ausgeübt wird. Juon[13]) gibt hierfür folgende Durchschnittswerte an:

	Druckfestigkeit längs zur Faser kg/qcm	Druckfestigkeit senkrecht zur Faser kg/qcm
Birkenkohle	204,0	24,8
Fichtenkohle	81,1	11,3
Tannenkohle	52,3	8,1

Die Härte gibt sich äußerlich an der schwarzen, glänzenden Farbe und dem Metallklang zu erkennen, den gute Kohle beim Anschlagen an einen harten Gegenstand gibt. Bei weicher, nicht völlig garer Kohle fehlt dieser Klang, die Farbe solcher Kohle ist matt, rotstichig (Kennzeichen zu niedriger Verkohlungstemperatur).

Chemisches Verhalten: Holzkohle ist gegen chemische Agenzien ziemlich widerstandsfähig. Beim Lagern an der Luft nimmt die Kohle durch Aufnahme von Gasen und Wasser aus der Luft an Gewicht zu (bis zu 20% und darüber), Einwirkung des Luftsauerstoffs bei gewöhnlicher Temperatur findet nicht statt. Bei höherer Temperatur entzündet sich die Kohle und zwar um so leichter, je niedriger die Verkohlungstemperatur war (siehe oben stehende Tabelle). Zur Aufrechterhaltung des Brennens ist genügend starke Luftzufuhr erforderlich, die Verbrennungsgeschwindigkeit[14]) ist anderthalbmal bis doppelt so groß wie bei Steinkohlenkoks.

Ozon greift wenig an; durch verdünnte Salpetersäure wird schwach gebrannte Holzkohle stark angegriffen. Durch Kochen mit konz. Salpetersäure wird sie unter Bildung von Mellithsäure[15]) oxydiert. Durch Ätzalkalischmelze wird sie leicht, ähnlich wie Braunkohle, zerstört.

Beim Erhitzen unter Luftabschluß gibt jede Holzkohle eine gewisse Menge flüchtiger Bestandteile ab. Die Menge dieser Bestandteile ist um so größer, je niedriger die Verkohlungstemperatur war und je höher die Kohle unter Luftabschluß erhitzt wurde. In der mehrfach angeführten Arbeit Juons[16]) finden sich hierüber folgende Zahlenangaben:

	Erhitzungstemperaturen in ° Celsius							
	+ 104	+ 155	+ 186	+ 284	+ 412	+ 500	+ 750	+ 1000
Birkenofenkohle . .	—1,05	—1,08	—0,03	—2,81	—7,46	—22,16	—26,11	—31,84
Fichtenofenkohle . .	—1,08	—0,10	+0,73	—0,36	—3,11	—16,18	—22,30	—28,92
Tannenofenkohle . .	—1,03	—0,20	+0,86	—2,90	—8,35	—27,30	—31,16	—34,46

+ = Zunahme, — = Abnahme } vom Anfangsgewicht in Prozenten.

Absorptionsvermögen. Infolge der großen Oberflächenentwicklung (Porosität) zeigt die Holzkohle starkes Absorptionsvermögen für Gase, Farbstoffe u. dgl. Das Absorptionsvermögen für Gase ist um so größer, je leichter kondensierbar das betreffende Gas ist. Nach Saussure[17]) absorbiert 1 Volumen Buchsbaumkohle folgende Gasmengen:

	Volumina		Volumina
Ammoniak	90	Kohlensäure	35
Chlorwasserstoff	85	Kohlenoxyd	9,42
Schweflige Säure	65	Sauerstoff	9,25
Schwefelwasserstoff	55	Stickstoff	7,50
Stickoxyd	40	Methan	5,00
Äthylen	35	Wasserstoff	1,75

Ebenfalls mit der hohen Porosität hängt, wie bereits erwähnt, das Aufnahmevermögen für Wasser zusammen; dieses ist um so höher, je niedriger die Verkohlungstemperatur war. Bei trocken gelagerter Holzkohle rechnet man mit einer Gewichtszunahme[18]) von 8% infolge Wasser- und Gasaufnahme aus der Luft. Dieser Zustand ist nach etwa 3 Wochen erreicht, die Hälfte dieser Zunahme ist bereits nach 72 Stunden erreicht.

Das Absorptionsvermögen wird durch niedrige Temperatur außerordentlich gesteigert, so daß es möglich ist, Gefäße mittels Holzkohle auf Kathodenlichtvakuum zu bringen. Dabei zeigt sich, daß die Holzkohle ein selektives Absorptionsvermögen besitzt, ein Umstand, der zur Isolierung und Reindarstellung der in der Luft nur in sehr geringen Mengen enthaltenen Edelgase[19]) benutzt wird. In nachstehender Tafel[20]) finden sich die Angaben über das Absorptionsvermögen von 1 ccm Holzkohle bei 0° und —185° für die wichtigsten Luftbestandteile und Wasserstoff:

	bei 0° ccm	bei —185° ccm
H_2	4	135
N_2	15	155
O_2	18	230
Ar	12	175
He	2	15

Dieses Verhalten kann nach Dewar[21]) auch dazu benutzt werden, die Gase der trockenen Destillation von Kohle zu trennen, insofern als sich die Kohlenwasserstoffe viel leichter durch Holzkohle aus dem Gasgemisch absorbieren lassen als die schwer verdichtbaren Gase wie Kohlenoxyd und Wasserstoff.

Katalytische Wirkungen: Vermutlich ebenfalls mit der großen Oberflächenentwicklung der Holzkohle zusammenhängend sind katalytische Wirkungen der Holzkohle[22]). Bei Überleiten von Alkoholdampf über Holzkohle bei 350° zerfällt der Alkohol in Aldehyd und Wasserstoff. Wasserstoffsuperoxyd zerfällt bei Anwesenheit von Holzkohle bei gewöhnlicher Temperatur. Die Abscheidung von Jod aus Jodsäure und von Kohlendioxyd aus Oxalsäure wird durch Holzkohle stark beschleunigt.

Materialprüfung: Die Art der Prüfung richtet sich nach dem Anwendungszweck. Soweit die Holzkohle als Brennstoff verwendet werden soll, ist die Prüfung die gleiche wie bei anderen Brennstoffen, sie erstreckt sich in erster Linie auf Feststellung des Gehaltes an Wasser und Asche und des Heizwertes (siehe unter Steinkohle). Für die Verwendung zu metallurgischen Zwecken ist der Gehalt an Kohlenstoff von Interesse, er wird durch Elementaranalyse ermittelt.

Für manche Zwecke, z. B. bei Verwendung der Holzkohle zu Filtrationszwecken, ist völlige Verkohlung bei genügend hoher Temperatur erforderlich. Die Prüfung hierauf geschieht durch Erhitzen der Holzkohle in einem Glührörchen; dabei darf die Kohle keine riechenden, teerhaltigen flüchtigen Bestandteile abgeben. Der beim Erhitzen der Kohle bis auf 400° eintretende Gewichtsverlust darf nur unbedeutend sein; bei gut verkohltem Holz darf er 5% nicht überschreiten.

Das spez. Gew. der Holzkohle, das in erster Linie für den Hüttenmann Interesse hat, wird in der Weise ermittelt, daß ein Würfel aus Holzkohle, dessen Gewicht vorher festgestellt wurde, auf sämtlichen Seiten durch eine dünne Paraffinschicht vor Eindringen von Wasser geschützt und dann durch Wasserverdrängung das Volumen des Würfels ermittelt wird.

Technologisches: Haltbarkeit. Die Holzkohle ist ein sehr beständiger Stoff. Nur

ganz frisch hergestellt neigt sie infolge ihres hohen Absorptionsvermögens für Luft zu Selbstentzündung, eine Eigenschaft, die sie nach kurzem Lagern völlig verliert.

Gewinnnung. Die Verkohlung des Holzes geschieht entweder im Meiler — ursprünglichste Bereitungsart —. Da hierbei Nebenprodukte sich nicht gewinnen lassen, ist die Meilerkohlerei stark durch die rationelleren Verkohlungsarten verdrängt worden, bei denen die Nebenprodukte Gas, Teer, Holzgeist und Holzessig teilweise oder ganz gewonnen werden: Ofen- bzw. Retortenverkohlung. Der Unterschied zwischen beiden ist der, daß bei der Ofenverkohlung die zur Einleitung und Beendigung des Prozesses erforderliche Wärme durch Verbrennung eines Teiles des Holzes erzeugt wird, während bei der Verkohlung in der Retorte jeder Luftzutritt zu dem zu verkohlenden Holz in Wegfall kommt und die Erhitzung durch geeignete Beheizung der Retorte erfolgt. Wie aus den Eingangs mitgeteilten analytischen Zahlen hervorgeht, ist die Meilerkohle qualitativ die beste Holzkohle, weil bei der Meilerverkohlung sehr hohe Endverkohlungstemperaturen erreicht werden.

Verwendbarkeit. Die Holzkohle ist einer außerordentlich vielseitigen Anwendung fähig: in kohlearmen, holzreichen Ländern (Skandinavien, Rußland) wird sie zur Eisengewinnung im Hochofen benutzt, wozu sie infolge ihres außerordentlich geringen Schwefel-, Phosphor- und Aschengehalts hervorragend geeignet ist. Auch die Verwendung als häuslicher Brennstoff (auch als Holzkohlenbriketts) kommt nur noch in kohlenarmen Ländern in Frage. Allgemeiner ist die Anwendung in anderen Metallindustrien, in Silber-, Kupfer-, Messingwerken, in Schmieden, Klempnereien, bei Goldarbeitern usw. In all diesen Gewerben ist der Gebrauch der Holzkohle durch ein flammenloses Brennen ohne Rauch- und Rußentwicklung bei hoher Temperatur bedingt.

Weitere Anwendungsarten der Holzkohle werden durch das hohe Absorptionsvermögen für färbende und riechende Stoffe und für Gase möglich. In ziemlich umfangreichem Maße wird Spiritus zur Veredelung über Holzkohle filtriert. Der Gehalt an höheren Alkoholen (Fuselölen) wird nicht wesentlich verändert, dafür finden aber chemische Vorgänge, wahrscheinlich oxydativer Natur im Alkohol statt, die Geruch und Geschmack veredeln.

Stark zurückgegangen ist die Verwendung der Holzkohle zur Pulverfabrikation. Das Schwarzpulver ist bekanntlich ein Gemisch von Holzkohle, Schwefel und Salpeter. Für diesen Zweck besonders geeignet waren die leicht entzündlichen Kohlen, die bei niederen bis mittleren Verkohlungstemperaturen erhalten worden waren (Rotkohlen und Übergangsformen zwischen Rot- und Schwarzkohlen).

Warenkunde. Die Holzkohlen werden einmal klassifiziert nach der Art der Gewinnung (Meiler-, Ofen-, Retortenkohle) und weiter nach der Holzart, aus der sie gewonnen (Fichten-, Tannen-, Birken- usw. Kohle). Auch bei den Holzkohlen findet bis zu einem gewissen Grad eine Sortierung statt. v. Jüptner[23]) nennt für Meilerkohlen folgende Sortierungen:

1. Stück-, Grob-, Lese- oder Ziehkohlen, die dichtesten oder größten Stücke, noch in Form der angewandten Holzscheite.
2. Schmiede- oder Mittelkohlen, dichte, aber nur faustgroße Stücke.
3. Kleinkohlen aus Astholz.
4. Quandelkohlen, kleine undichte Stücke aus der Nähe des Quandels.
5. Kohlenklein, Kohlenlösche oder Kläre, kleine Stücke oder Staub.
6. Brände, unvollständig verkohlte Stücke vom Rand oder Boden des Meilers.

Volkswirtschaftliches und Wirtschaftsgeographisches: Statistiken über Produktion und Verbrauch existieren nicht. Es liegt in der Natur der Sache, daß ausgedehnte Produktion von Holzkohle nur in waldreichen und mineralkohlearmen Ländern möglich ist; in Europa wird Holzkohle hauptsächlich in Rußland (Ural), den skandinavischen Ländern, Bosnien gewonnen. In Amerika liefern die holzreichen Staaten der Union und Kanada große Mengen Holzkohle. Vielfach ist die Gewinnung der Kohle Nebensache geworden und das Hauptgewicht wird auf die Gewinnung der flüchtigen Destillationsprodukte, Holzgeist, Azeton, Essigsäure gelegt.

Literatur:

1. Klar, Technologie der Holzverkohlung, II. Aufl., Berlin 1910, S. 67.
2. Chem. Ztg. **33**, 561.
3. v. Jüptner, Chem. Technologie der Energien, I. Bd., Leipzig und Wien 1905, S. 219.
4. Stahl u. Eisen **1904**, 1230.
5. ibid.
6. Poggend. Annal. 154, 367, 553.
7. L. Kunz, Dissertation, Bonn 1904, Annal. d. Phys. 14, 309.
8. Simmersbach, Grundlagen der Kokschemie, II. Aufl., Berlin 1914, S. 232.
9. ibid. S. 233.
10. v. Jüptner, Chem. Technologie usw. S. 227.
11. Klar, Technologie der Holzverkohlung, S. 68.
12. Stahl u. Eisen **1904**, 1230.

13. ibid.
14. Thörner, Stahl u. Eisen **1886**, 71.
15. Schulze, Ber. chem. Gesellsch. 4, 802, 806.
16. Stahl u. Eisen **1904**, 1230.
17. v. Jüptner, Chem. Technologie S. 226.
18. Klar, Technologie der Holzverkohlung, S. 64.
19. Valentiner u. Schmidt, Sitzungsber. Kgl. Preuß. Akad. d. Wissensch. **1905**, 816. Dewar, Chem. News **97**, 16.
20. Derselbe, Compt. rend. **139**, 261.
21. Derselbe, DRP. 169 514.
22. Lemoine, Compt. rend. **144**, 357.
23. v. Jüptner, Chem. Technologie S. 231.

O. Mohr.

Brenzessiggeist s. Azeton.
Brenzkatechin s. Dioxybenzole 1; Photogr. Materialien C, 3.
Bridgepots Legierung s. Legierungen I.
Briketts s. Brennstoffe 3.
Brillant s. Steine I, 6.
Brillantgelb s. Farbstoffe I, 40.
Brisolit s. Steine V, L.
Bristolmessing s. Legierungen I, b, 2.
Britanniametall s. Legierungen V, B, 4.
Britanniasilber s. Silber, Legierungen 9.
Britishgum s. Stärke 2; Kitte.
Brixenergrün s. Farbstoffe I, 51.
Brolon s. Plastische Massen 4.

Brom, lat.: bromum; frz.: brome; engl.: bromine. Chemisches Element, Zeichen: Br. Atomgew. 79,96. Rotbraune Flüssigkeit von höchst durchdringendem Geruch, die an der Luft braunrote Dämpfe ausstößt. Spez. Gew. $D_0 = 3{,}187$. Beim Abkühlen erstarrt es zu einer dunkelbraunroten nadeligen Masse von schwarzem Metallschimmer. Schmp. $-7{,}3°$. Brom siedet bei 66°, wobei es in braunroten Dampf übergeht. Relativer Brechungsexponent 3,85, absoluter Brechungsexponent 1,001127. Schallgeschwindigkeit bei 100°: 135 cm/sec. Verhältnis der spez. Wärmen: 1,29. In Wasser löst sich Brom im Verhältnis 1 : 35. 100 ccm Wasser lösen bei 15° C 3,6 g Brom.

Volumgewicht des Bromwassers und Gehalt an Brom (Slessor).

Vol.-Gew.	Proz. Br
1,00901	1,022
1,00931	1,067
1,00995	1,205
1,01223	1,231
1,01491	1,874 bis 1,906
1,01585	1,952 bis 2,009
1,01807	2,089 bis 2,155
1,02367	gesättigt 3,102 bis 3,169

Brom ist leicht löslich in Alkohol, Äther, Chloroform und Schwefelkohlenstoff. Kühlt man gesättigtes Bromwasser unter 4° ab, so kristallisiert Bromhydrat ($Br.10H_2O$) aus, das sich bei 6,2° wieder in Brom und Wasser zersetzt. Wasserstoff bildet mit Brom in der Wärme, nicht aber durch Belichtung, Bromwasserstoff. Es färbt Stärkekleister orange. Mit den meisten Salzen bildet es Verbindungen (Bromide), aus denen durch Einwirkung von Chlor das Brom wieder ausgeschieden wird.

Verwendung: Brom dient zur Herstellung von Bromum solidificatum (flüssiges Brom mit Kieselgur) zu Desinfektionszwecken, zur Herstellung von Arzneimitteln (s. Desinfektionsmittel 9, 14) wie Bromipin (Bromfett), Bromkampfer, Bromoform, zur Herstellung von Anilinfarbstoffen wie Eosin, Bromindigo, zum Reinigen von Trinkwasser: 0,06—0,08 g Brom in 1 L Wasser (Schumburg, D. med. W. 1897, 145), in Verbindung mit Zyan zum Extrahieren von Gold, zur Herstellung der hochgelben Farbe des Goldes nach der Feuervergoldung durch Behandlung der Gegenstände mit einer wässrigen Lösung von 1 g Brom und 30 g Kaliumbromid in 1 L Wasser auf 3—5 Minuten und Abspülen mit Wasser (R. Wagner, Bayer. Ind.- u. Gewerbe-Bl. 1875, 293), zum Gerben von Leder nach Meunier und Seyewetz: 1 kg Blöße wird einige Stunden mit einer Lösung von 100 g Kochsalz und 60 g Brom in 5 L Wasser behandelt. Dann wird das Leder ausgewaschen und mit einer dünnen Natriumbisulfitlösung nachbehandelt.

Ferner dient Brom zur Herstellung von Eisenbromür ($FeBr_2.6H_2O$) durch Einwirkung feuchten Broms auf Eisenfeilspäne und zur Herstellung von Alkalibromiden.

Brom wird bestimmt durch Titration einer Lösung von Brom in Kaliumjodid mit $^1/_{10}$ n.-Natriumthiosulfatlösung.

(Tabelle s. S. 154 oben.)

Die deutsche Produktion verteilte sich auf die verschiedenen Verbrauchszwecke in den Jahren

	1910	1911	1912
Bromsalzfabrikation .	607 t	478 t	569 t
Farbenfabrikation . .	231 t	255 t	256 t
Für versch. Zwecke .	22 t	35 t	41 t

Von der Ausfuhr 1913 entfielen auf Frankreich 100,5 t, auf Großbritannien 89,9 t.

Absatz bzw. Produktion von Brom in kg:

Jahr	Deutschland (Kaliindustrie)	Amerika (Salinen)	Frankreich u. England (Kelp u. Seesalinen)
1865	750	—	—
1867	7 500	5 000	—
1870	—	62 500	—
1873	20 000	88 000	20 000
1879	50 000	—	—
1884	275 000	—	—
1890—1894	—	139 000 durchschnittlich	—
1895—1900	—	226 000	—
1901—1905	650 000 durchschnittlich	340 000	—
1906	907 000	582 000	—
1907	661 000	626 000	—
1908	935 000	479 000	—
1909	729 000	499 000	—
1910	860 500	385 500	—
1911	768 000	326 000	—
1912	866 000	323 600	—

Deutscher Außenhandel an Brom nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1905	—	—	156	406
1906	—	—	171	256
1907	—	—	118	171
1908	—	—	227	296
1909	—	—	206	329
1910	—	—	225	360
1911	—	—	229	491
1912	—	—	187	490
1913	—	—	239	700

Preis: Brom % kg M. 475,00—500,00.

Der Transport des Broms erfolgt in starken, weißen Flaschen von etwa 2½ bis 3 kg Inhalt. Die Glasstöpsel werden mit Schellack umgossen, mit feuchtem Ton umhüllt und dann werden je 4—6 Flaschen in Kisten mit Sägemehl oder Kieselgur verpackt.

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Grünau, Landshoff u. Meyer AG., Grünau bei Berlin; Deutsche Solvay-Werke AG., Bernburg; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Kaliwerke Aschersleben, Aschersleben; Dr. L. C. Marquart, Beuel-Bonn; E. Merck-Darmstadt; Saccharinfabrik AG. vorm. Fahlberg, List u. Co., Magdeburg-Südost; Salzbergwerk Neustaßfurt bei Staßfurt; Staßfurter chem. Fabrik vorm. Vorster u. Grüneberg AG., Staßfurt.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 2.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 3.

Ed. Schenk.

Bromkalium s. Kaliumbromid.

Bromnaphtole s. Desinfektionsmittel 116.

Bromolit s. Steine V, L.

Bromsilberpapier s. Photogr. Materialien F, II, 2.

Bromwasserstoff, Bromwasserstoffsäure; lat.: Acidum hydrobromicum; frz.: Acide hydrobromique; engl.: Hydrobromic acid. Chem. Zus.: HBr. Mol.-Gew. 81,0. Brom: 98,72%, Wasserstoff: 1,28%. Farbloses, an feuchter Luft stark rauchendes Gas vom spez. Gew. 2,79, von stechendem und erstickendem Geruch. 1 L HBr wiegt bei 0° und 760 mm Druck 3,6167 g. Durch starken Druck verdichtet es sich zu einer farblosen Flüssigkeit, die bei —120° C zu einer Kristallmasse erstarrt. Schmp. —87°, Sp. —73°. Bildungswärme H + Br (flüssig) = HBr (Gas) + 9500 cal.

Bromwasserstoff ist in Wasser sehr leicht löslich. Die bei 0° gesättigte Lösung hat das spez. Gew. 1,78 und enthält 82% HBr, entsprechend ungefähr HBr + H_2O.

Volumgewichte der Lösungen von Bromwasserstoff in Wasser von 14° C, bezogen auf Wasser von 14° C = 1 (Topsoe; Gerlach):

Proz. HBr	Vol.-Gew.	Proz. HBr	Vol.-Gew.
1	1,007	26	1,215
2	1,014	27	1,225
3	1,021	28	1,235
4	1,028	29	1,246
5	1,035	30	1,257
6	1,043	31	1,268
7	1,050	32	1,279
8	1,058	33	1,290
9	1,065	34	1,302

Proz. HBr	Vol.-Gew.	Proz. HBr	Vol.-Gew.
10	1,073	35	1,314
11	1,081	36	1,326
12	1,089	37	1,338
13	1,097	38	1,351
14	1,106	39	1,363
15	1,114	40	1,376
16	1,122	41	1,389
17	1,131	42	1,403
18	1,140	43	1,417
19	1,149	44	1,431
20	1,158	45	1,445
21	1,167	46	1,459
22	1,176	47	1,473
23	1,186	48	1,487
24	1,196	49	1,502
25	1,206		

Beim Erwärmen der konz. Lösung entweicht zunächst Bromwasserstoff und bei 125° destilliert eine Lösung vom spez. Gew. 1,49 über, die 48,2% HBr enthält. Die Zusammensetzung dieses Destillates entspricht angenähert $HBr.5H_2O$. Beim Sättigen der auf —20° C abgekühlten Lösung mit Bromwasserstoff scheiden sich Kristalle von der Zusammensetzung $HBr.2H_2O$ aus vom Schmp. —11°. Elektrische Leitfähigkeit der wässrigen Lösung bezogen auf Quecksilber von 0° bei 18°:

Proz.-Gehalt	Leitfähigkeit
5	1789.10^{-8}
10	3327.10^{-8}
15	4630.10^{-8}

Bestimmung: Der Gehalt einer Lösung von Bromwasserstoff kann durch Titration mit Normalalkali oder durch Fällung mit Silbernitrat zu Silberbromid bestimmt werden.

Preise: Bromwasserstoffsäure 1 kg M.
spez. Gew. 1,78 (82%) 11,00
„ „ 1,49 (48%) 5,50
„ „ 1,38 (40%) 3,20
„ „ 1,208 (25%) DAV. . . . 2,55
„ „ 1,100 (13%) 1,65
„ „ 1,073 (10%) 1,65

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin NW, Müllerstr. 170/171; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Kassel; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; C. A. F. Kahlbaum, Adlershof bei Berlin; Dr. L. C. Marquart, Beuel-Bonn; E. Merck-Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 2.

Ed. Schenk.

Bronze s. Legierungen I, a.
Bronze, seewasserbeständige s. Legierungen II.
Bronzefarben s. Legierungen I, b, 1.
Brühe, kalifornische s. Desinfektionsmittel 22.
Brünieren s. Zinkchlorid.
Bruyerholz s. Holz VII, 39.
Bruynsche Platten s. Steine V, A, 2.
Buche s. Holz VII, 5; 33.
Bucheronium s. Plastische Massen 10, a.
Buchsbaum s. Holz VII, 11.
Buntfeuer s. Sprengstoffe VI, b, α; ferner Kaliumchlorat, Strontiumnitrat.
Bunzlauer Geschirre s. Tonwaren.
Burnettisieren s. Zinkchlorid.
Burrette (Bourrette) s. Textilien B, IV, 18.
Bürsten s. Haare.
Butterfettkonstanten s. Fette II, A.
Byssus s. Textilien A, III, b, 4.

C

Cadmium s. Kadmium.
Cahücit s. Sprengstoffe V, 1.
Cajalith s. Steine V, A, 5, o.
Cajottarinde s. Gerbstoffe 26.
Calabaröl s. Fette II, 10.
Calcidum s. Steine V, E.
Calcinora s. Steine V, A, 5, o.
Calcium s. Kalzium.
Calcolit s. Steine V, L.
Calmons Asbestholz s. Steine V, F.
Cambalholz s. Farbstoffe I, 75.
Cambrite s. Sprengstoffe V, 6, b.
Cameliametall s. Legierungen I, b, 2.
Canadium s. Platinmetalle, allgem.
Canaigre s. Gerbstoffe 34.
Candelite s. Fette II, H.
Candellilawachs s. Wachse 2; Konstanten II, A.

Cannellametall s. Legierungen I, a.
Caput mortuum s. Eisenoxyd; Eisensulfate 2; Farbstoffe I, 31.
Caranova s. Steine V, L.
Caravonica s. Textilien unter Baumwolle.
Carbonado s. Steine I, 6.
Carbonbronze s. Legierungen I, a.
Carborundum s. Silizium.
Carmin s. Karmin.
Carnaubawachs, Konstanten s. Fette II, A.
Caros Reagenz s. Ammoniumpersulfat.
Carthamin s. Farbstoffe I, 76.
Casadorin s. Steine V, L.
Cäsarlack s. Farbstoffe I, 43.
Cascalotte s. Gerbstoffe 32.
Cäsium s. Zäsium.
Cassava s. Stärke.
Cassiarinde s. Gerbstoffe 24.
Cassius' Goldpurpur s. Goldchlorid.
Castorit s. Steine V, K.
Cellagollack s. Plastische Massen 2.
Cellit s. Plastische Massen 2.
Cellitfilme s. Photogr. Materialien A, II, 3.
Cellofix s. Photogr. Materialien F, 1.
Cellon s. Plastische Massen 2.
Cellonlack s. Firnisse 4, d; Plast. Massen 2.
Cellophane s. Plastische Massen 4.
Celluloid s. Plastische Massen 4.
Cer s. Zer.
Ceresit s. Steine V, K.
Cerinol s. Steine V, K.
Cerussa s. Farbstoffe I, 17.
Ceylonöl s. Kokosnußöl, Fette II, 4.
Chalchihuitl s. Steine I, 26.
Chalzedon s. Steine I, 5.
Chamois s. Farbstoffe I, 68.
Champagnerkreide s. Farbstoffe I, 50.
Charltons Weiß s. Farbstoffe I, 58.
Cheddit s. Sprengstoffe V, 8, a, 1.
Chemnitzerweiß s. Farbstoffe I, 17.
Chenille s. Textilien B, IV, 20.
Chestnutoakrinde s. Gerbstoffe 20.
Cheviot s. Textilien A, III, a, 1; C, II, 15.
Chiclegummi s. Guttapercha.
Chilesalpeter s. Natriumnitrat.
Chinaclay s. Farbstoffe I, 18.
Chinagelb s. Arsensulfid.
Chinagras s. Textilien unter Ramie.
Chinaline s. Textilien B, III, 8.
Chinasilber s. Legierungen II, b.
Chinesischer Talg, Konstanten s. Fette II, A.
Chinesisches Holzöl s. Fette II, B, 3; Konstanten II, A.
Chinesisches Insektenwachs, Konstanten s. Fette II, A.
Chinesischgelb s. Farbstoffe I, 12, 68; **-grün** 59; **-rot** 100.
Chinolin s. Steinkohlenteer 18.
Chinosol s. Desinfektionsmittel 123.

Chlor: franz.: chlore; engl.: lhlorine; (von griech. chloros, gelbgrün).

Chemisches Element: Zeichen: Cl.
Atomgewicht: 35,46.
Molekulargewicht: 70,92.

Gasförmiges Chlor ist ein hellgrünes Gas, von um so dunklerer Farbe, je wärmer es ist. Es riecht erstickend und verursacht beim Einatmen Husten und Erstickungsanfälle. $D = 2{,}45$. 1 L Chlorgas wiegt bei 0° C und 760 mm Druck in Meereshöhe unter 45° geographischer Breite 3,1674 g. Das Volumgewicht des Chlorgases bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenen Drucken ergibt sich aus der Formel:

$$\frac{(b-f).3{,}1674}{760\ (1 + 0.00366.t)}$$

wobei bedeuten b = Barometerstand, f = Spannung des Wasserdampfes bei t° C. Chlorgas verdichtet sich bei 15° C bei einem Drucke von 5,7 atm zu einer klaren, dunkelgrünlichgelben Flüssigkeit, die bei —33,6° siedet. Kritische Temperatur: + 146° C, kritischer Druck 93,5 atm. Dampfdruck des flüssigen Chlors bei verschiedenen Temperaturen nach Knietsch:

Temp.	Atm.	Temp.	Atm.
—33,6	1	50	14,7
— 9,5	2,662	60	18,6
± 0	3,660	70	23,0
+ 9,62	4,885	80	28,4
13,12	5,433	90	34,5
20,85	6,791	100	41,7
21,67	6,960	110	50,8
29,70	8,652	120	60,4
33,16	9,470	130	71,6
38,72	10,889	146	93,5
40	11,5		

Spez. Wärme zwischen 0° und 24°: 0.2262; Verhältnis der spez. Wärmen: 1.34. Zusammendrückbarkeitskoeffizient bei 35,4° = 0,000225. Relativer Brechungsexponent 2,63; absoluter Brechungsexponent: 1,000770. 1 kg flüssiges Chlor entspricht bei 0° und 760 mm Druck 316 L Chlorgas. Das flüssige Chlor erstarrt beim Abkühlen auf — 102° zu einer orangegelben Flüssigkeit, aus welcher sich gelbe Kristalle abscheiden. Spez. Volumen 0,6635. Molekularvolumen: 47,04. Der mittlere Ausdehnungskoeffizient für flüssiges Chlor beträgt für verschiedene Temperaturen nach Knietsch:

Temp.	Mittl. Ausdehnungskoeffizient
—80° bis —33,6°	0,001 409
—30° „ ± 0°	0,001 793
+50° „ +60°	0,002 690
+70° „ +80°	0,003 460

Dichte des flüssigen Chlors nach Knietsch (Ann. 259 (1890) 100):

Temp.	Spez. Gew.	Temp.	Spez. Gew.
— 80°	1,6602	26,37°	1,3930
— 33,6°	1,5560	27,63°	1,3891
— 9,5°	1,4931	30,90°	1,3786
0°	1,4689	36,20°	1,3621
5,25°	1,4541	40,00°	1,3490
7,73°	1,4481	51,3°	1,3160
9,70°	1,4434	55,5°	1,3000
11,10°	1,4359	63°	1,274
13,85°	1,4314	67°	1,258
14,50°	1,4278	69°	1,250
19,00°	1,4156	77°	1,216
21,80°	1,4065		

1 kg flüssiges Chlor gibt 300 L Chlorgas. Gasförmiges Chlor ist in Wasser löslich. 1 Vol. Wasser löst bei 20° C 2 Vol., bei 10° C 2,5 Vol. Chlorgas auf. 1 L Wasser absorbiert bei 760 mm Druck folgende Mengen Chlorgas:

Temp.	g Chlor	Temp.	g Chlor
10°	2,5852	26°	1,9099
11°	2,5413	27°	1,8695
12°	2,4977	28°	1,8295
13°	2,4543	29°	1,7895
14°	2,4111	30°	1,7499
15°	2,3881	31°	1,7104
16°	2,3253	32°	1,6712
17°	2,2828	33°	1,6322
18°	2,2405	34°	1,5934
19°	2,1984	35°	1,5550
20°	2,1565	36°	1,5166
21°	2,1148	37°	1,4785
22°	2,0734	38°	1,4406
23°	2,0322	39°	1,4029
24°	1,9912	40°	1,3655
25°	1,9504		

Das beste Lösungsmittel für Chlor ist Tetrachlorkohlenstoff, auch wasserfreies Zinnchlorid und Sulfurylchlorid lösen beträchtliche Mengen Chlorgas. 1 ccm Tierkohle absorbiert bei + 20° C 304,5 ccm gasförmiges Chlor.

Die wäßrige Lösung von Chlor in Wasser (Chlorwasser) besitzt fast alle chemischen Eigenschaften des gasförmigen Chlors. Gesättigtes Chlorwasser ist grüngelb, riecht nach Chlor und schmeckt herb. Kühlt man gesättigtes Chlorwasser unter 0° C ab, so scheiden sich gelbe Kristallschuppen von Chlorhydrat ($Cl_2 + 8H_2O$) aus, die sich bei gewöhnlicher Temperatur wieder in Chlor und Wasser zersetzen.

Gasförmiges Chlor verbindet sich mit Ausnahme von Sauerstoff, Stickstoff, Fluor und Kohlenstoff unmittelbar mit allen anderen Elementen. Mit Wasserstoff vereinigt es sich bei Belichtung zu Chlorwasserstoff. Gleiche Volumen Wasserstoff und Chlor vereinigen sich im direkten Sonnenlichte oder bei Entzündung unter Explosion (Chlorknallgas). Mit Brom verbindet sich Chlor unter Feuererscheinung. Mit Jod bildet sich bei Überschuß von Jod Einfach-Chlorjod, mit überschüssigem Jod entsteht dagegen Dreifach-Chlorjod. Wasser wird besonders im Sonnenlichte zu Chlorwasserstoff und Sauerstoff zersetzt. Auf die meisten Metalle wirkt Chlor besonders in feuchtem Zustande unter Bildung von Metallchloriden ein. Absolut trockenes Chlor greift in Gasform oder flüssig Gußeisen, Schmiedeeisen, Stahl, Kupfer, Zink, Blei, Messing, Phosphorbronze nicht an. Zinn wird unter Bildung von wasserfreiem Zinnchlorid rasch gelöst. Dünnes Blattkupfer (unechtes Blattgold), gepulvertes Arsen oder Antimon und Phosphor verbinden sich mit Chlor unter Feuererscheinung. Auf manche wasserstoffhaltige organische Verbindungen, z. B. Terpentinöl, wirkt Chlor unter Bildung von Chlorwasserstoff und Kohlenstoffabscheidung heftig ein. Eine brennende Wachskerze brennt im Chlorgas mit rußender Flamme unter Kohlenstoffabscheidung weiter. Organische Farbstoffe werden durch feuchtes Chlor entfärbt. Lackmus, Indigo und farbige Blumen werden gebleicht. Organische Gerüche und Ansteckungsstoffe werden rasch zerstört.

Flüssiges Chlor reagiert mit Jod, rotem Phosphor, Arsen, Antimon, Zinn, Wismut sehr heftig. Die Alkalimetalle und Magnesium werden bei niederer Temperatur von Chlor kaum angegriffen. Aluminium entzündet sich mit flüssigem Chlor unter Bildung von Aluminiumchlorid. Mit Schwefelkohlenstoff ist Chlor unverändert mischbar.

Den Gehalt eines Gasgemisches an Chlor bestimmt man durch Absorption des Chlors in Kaliumjodidlösung. Das ausgeschiedene Jod wird durch Titration mit Natriumthiosulfat bestimmt.

Chlor ist giftig und bewirkt beim Einatmen Hustenreiz und Atemnot. Es verursacht bei chronischer Einwirkung Magenbeschwerden, Kopfweh, Schwindel und Schlaflosigkeit. Als Gegenmittel dienen: Frische Luft, künstliche Atmung, Einatmen von Amylnitrit, Trinken von Milch und schwarzem Kaffee.

Für Aufbewahrung und Transport von flüssigem Chlor dienen starkwandige Gefäße aus Eisen. Eiserne Flaschen enthalten etwa 50—60 kg flüssiges Chlor. Die Behälter sind auf 50 atm Druck abgeprüft. Amt-

licher Prüfungsdruck 22 atm. Die Druckprüfung ist alle 2 Jahre zu wiederholen. Die höchstzulässige Füllung beträgt für 1 kg flüssiges Chlor 0,8 L Fassungsraum. Bei guten Gefäßen tritt eine Explosionsgefahr erst über 90° C ein.

Verwendung: Chlor dient zur Herstellung von Chlorkalk, Chloraten und Bleichflüssigkeiten, von Chlorschwefel und Schwefeldichlorid, zur Fabrikation von Brom aus Magnesiumbromid und bromhaltigen Endlaugen, von wasserfreiem Zinnchlorid durch Behandeln von gebeizten und getrockneten verzinnten Blechabfällen mit gasförmigem Chlor unter wechselndem Drucke, ferner zur Herstellung von Chloral und Chloralhydrat durch Einwirkung von Chlor auf Alkohol, von Phosgen (Kohlenoxychlorid) durch Überleiten von Chlor und Kohlensäure über glühende Kohlen oder aus Chlor und Kohlenoxyd im direkten Sonnenlicht oder in Gegenwart von Knochenkohle als Katalysator, ferner zur Extraktion von Gold (J. B., Merle, 1895, 922) und nach dem Chlorationsprozesse durch Rösten der Erze, Befeuchten mit Wasser und Behandeln mit Chlor. Aus der Goldchloridlösung gewinnt man das Gold durch Fällung mit Eisenvitriol. Chlor wird ferner verwendet zu Bleichzwecken, zur Textilbleiche und Gasbleiche und in der Papierfabrikation; zum Bleichen von Mehl, von Fetten und Ölen, zur Herstellung von Dextrin aus Stärke, zur Zerstörung von Banknoten, dann als Desinfektionsmittel (s. d. 8), zum Reinigen von Trinkwasser und Abwässern nach dem Chlorgasverfahren (S. Rideal, J. G. 1906, 1106 und F. Ballner, Münch. med. Wochenschr. 1906, 66), zur Bekämpfung des Hausschwammes, sowie zur Herstellung vieler anorganischer und organischer Chlorverbindungen. Ferner zur Bestimmung des Zellstoffes im Holz nach Croß und Bevan; zur Aufschließung von Holz und Stroh für Futterzwecke nach P. Waentig (vgl. z. B. Ztschr. f. Forst- und Landwirtschaft **1919**, 44).

Preise: Chlor, flüssig,
in Bomben % kg M. 80,00
in Kesselwagen % kg M. 20—25,00

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chemische Fabrik von Heyden A.-G., Dresden-Radebeul; Chemische Fabrik Buckau, Magdeburg; Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.; Deutsche Solvay-Werke A.-G., Bernburg; E. de Haen, chemische Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Saccharinfabrik A.-G. vorm. Fahlberg, List & Co., Magdeburg-Südost; Salzbergwerk Neustaßfurt, Staßfurt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie **1.**
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie **1, 2.**
G. Lunge, Handb. der Sodaindustrie **3.**
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie **3.**

Ed. Schenk.

Chloralum(inium) s. Aluminiumchlorid.
Chloratsprengstoffe s. Sprengstoffe V, 8, a.
Chlordinitrin s. Sprengstoffe V, 3, c.
Chlordinitroglyzerin s. Sprengstoffe V, 3, c.

Chloressigsäuren. 1. Monochloressigsäure, Chloressigsäure; lat.: acidum monochloraceticum; frz.: acide monochloracétique; engl.: monochloracetic acid. Chem. Zus.: $CH_2Cl.CO_2H$. Mol.-Gew. 94,5. An der Luft zerfließliche Kristalle, die bei 62,5 bis 63,2° C schmelzen. Siedep. 185—187°. Die Kristalle sind in Wasser unter starker Wärmeentwicklung sehr leicht löslich.

Verwendung: Chloressigsäure dient zur Herstellung von künstl. Indigo durch Kombination von Anthranilsäure (o-Amidobenzoesäure) mit Monochloressigsäure, wobei o-Phenylglycinkarbonsäure entsteht, die durch schmelzendes Ätznatron in Indoxyl umgewandelt wird. Letzteres wird durch den Luftsauerstoff zu Indigo oxydiert. Zur Herstellung von Glykolsäure (Oxyessigsäure) durch Kochen mit kohlensaurem Kalk; zum Ätzen.

Preise: Chloressigsäure % kg M.
techn. . . . . 1 kg M. 2,50 225,00
chem. rein, krist. 1 „ „ 4,30

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chemische Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Kassel; Chem. Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.; Chem. Fabrik von Heyden AG., Radebeul bei Dresden; Farbwerke vorm. Meister Lucius u. Brüning, Höchst a. M.; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; C. A. F. Kahlbaum, GmbH., Adlershof bei Berlin; Dr. Schmitz u. Co., GmbH., Düsseldorf.

2. Dichloressigsäure, lat.: Acidum dichloraceticum; frz.: Acide dichloracetique; engl. Dichloracetic acid. Chem. Zus.: $CHCl_2.CO_2H$. Mol.-Gew. 128,9. Stark saure ätzende Flüssigkeit, die bei —4° erstarrt. Spez. Gew. 1,5216 bei 15° C. Sp. 189 bis 191° C.

Bezugsquellen: Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Kassel; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

3. Trichloressigsäure, lat.: Acidum trichloraceticum; frz.: Acide trichloracetique; engl. Trichloracetic acid. Chem. Zus.:

$CCl_3.CO_2H$. Mol.-Gew. 163,4. Zerfließliche rhombische Kristalle vom spez. Gew. 1,62 bei 46°. Schmp. 52,3° C, Sp. 195 bis 200° C. In Wasser sehr leicht löslich, löslich in Alkohol und Äther.

Verwendung: In der Medizin als starkes Ätzmittel.

Preis: Trichloressigsäure
chem. rein, krist. DAV. . 1 kg M. 8,50

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen b. Kassel; Chem. Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.; Chemische Fabrik von Heyden AG., Radebeul bei Dresden; Farbwerke vorm. Meister Lucius u. Brüning, Höchst a. M.; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; C. A. F. Kahlbaum, GmbH., Adlershof bei Berlin; Dr. Schmitz u. Co., GmbH., Düsseldorf.

Literatur:

Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie 5.

Ed. Schenk.

Chlorit s. Steine II, B, 13.

Chloritschiefer s. Steine II, X, 6.

Chlorkalk s. Kalziumhypochlorit; Desinfektionsmittel 45.

Chlorkalzium s. Kalziumchlorid; s. a. Steine V, E.

Chlorkohlenoxyd s. Kohlenoxychlorid.

Chlormetakresol s. Desinfektionsmittel 109.

Chlornaphtole s. Desinfektionsmittel 116.

Chlornatrium s. Natriumchlorid.

Chloroform, Trichlormethan, Formyltrichlorid, lat.: chloroformium; frz.: chloroforme; engl.: chloroform.

Chemische Zusammensetzung: $CHCl_3$. Mol.-Gew. 119,5. C: 10,04%, H: 0,94%, Cl: 89,02%.

Dampfspannung von Chloroform in mm Quecksilber bei verschiedenen Temperaturen:

Temperatur	Dampfspannung	Temperatur	Dampfspannung
20	160,5	100	2428
30	247,5	110	3111
40	369,3	120	3926
50	535,0	130	4885
60	755,4	140	6000
70	1042	150	7280
80	1407	160	8734
90	1865		

Klare, farblose Flüssigkeit von eigentümlichem und süßlichem Geruch, die ziemlich flüchtig ist. Geschmack süßlich; von neutraler Reaktion. Siedep. 61° C. Schmp. —70° C. Spez. Gew. 1,5—1,526. Dielektrizitätskonstante D = 5,2. Totale Verdampfungswärme für —5° bis 159° C: $\lambda = a + b.t + c.t^2$ (a = 67,0, b = 0,14716, c = —0,0000937).

Bildungswärme (gasförmig): + 46,6 kcal, (flüssig): + 53,9 kcal. Chloroform ist wenig löslich in Wasser, mit Alkohol, mit Äther, mit fetten und ätherischen Ölen aber in jedem Verhältnisse mischbar. Kautschuk ist in Chloroform löslich. Jod löst sich mit Purpurfarbe. Chloroformdampf ist nicht brennbar. Mit Chromsäure entsteht Phosgen, mit Kaliumamalgam Azetylen. Alkalihydroxyde führen Chloroform in Alkaliformiat und Alkalichlorid über. Bei der Einwirkung von Ammoniak auf Chloroform bei Rotglut entstehen Blausäure und Salzsäure. Mit alkoholischem Ammoniak erhitzt oder bei Anwesenheit von Alkalihydroxyd findet schon bei gewöhnlicher Temperatur unter energischer Reaktion Bildung von Ammoniumzyanid bzw. Kaliumzyanid statt. Bei der Einwirkung von Chlor bildet sich Tetrachlorkohlenstoff. — Für Chloroform (und für die primären Amine wie Äthylamin oder Anilin) ist die Bildung von Isonitrilen durch Einwirkung von alkoholischem Kali charakteristisch. Die entstehenden Isonitrile zeichnen sich durch äußerst widerlichen Geruch aus, weshalb diese Reaktion auf Chloroform sehr empfindlich ist.

Chloroform ist giftig. Seine Dämpfe verursachen beim Einatmen Bewußtlosigkeit und Gefühllosigkeit. Beim längeren Stehen zersetzt sich Chloroform, besonders bei der Einwirkung von Luft und Licht teilweise in Chlor, Chlorwasserstoff und Chlorkohlenstoff. Zur besseren Haltbarkeit setzt man dem Chloroform 1% absoluten Alkohol zu. Hierdurch erniedrigt sich sein spez. Gew. auf 1,485 bis 1,489. Zu seiner Konservierung setzt man in England 2% Alkohol, in Frankreich Schwefel zu. Das für die Chloroformnarkose verwendete Chloroform (Chloroformium pro narcosi) muß von schädlichen Zersetzungsprodukten absolut frei sein. Man geht daher zur Herstellung von Narkosechloroform nicht vom Chlorkalk, sondern von reinem kristallisierten Chloralhydrat aus, das mit verdünnter Alkalilauge gelinde erwärmt wird (Chloralchloroform). Oder gewöhnliches Chloroform wird durch Abkühlen mit flüssiger Luft auf —80° C bis —100° C auskristallisiert, wobei die chlorhaltigen Nebenprodukte flüssig bleiben und dann leicht entfernt werden können (Eischloroform, Chloroform. medicinale Pictet). Oder man kristallisiert Chloroform mit Tetrasalizylid $(C_6H_4OCO)_4$.

Das dabei entstehende gut kristallisierende Salizylidchloroform $(C_6H_4O.CO)_4.2CHCl_3$ wird von der Mutterlauge getrennt und auf dem Wasserbade erwärmt, wobei reines Chloroform übergeht und das Tetrasalizylid unverändert zurückbleibt (Chloroform Ansc hütz).

Prüfung: Auf Alkohol: Alkoholfreies Chloroform entfärbt beim Schütteln sehr verdünnte Kaliumpermanganatlösung nicht. Auf Chlorkohlenstoff: 20 ccm Chloroform mit einer Lösung von 3 Tropfen Anilin in 5 ccm Benzol versetzt geben bei Anwesenheit von Chlorkohlenstoff einen kristallinischen Niederschlag oder bei sehr geringen Mengen eine Trübung von Phenylharnstoff.

Handelssorten: Im Handel unterscheidet man je nach der Darstellungsweise Alkoholchloroform, Azetonchloroform und Chloralchloroform, die, wenn rein, chemisch und physiologisch einander gleichwertig sind.

Chloroform bewahrt man zum Schutze gegen Zersetzung in dunklen Flaschen mit gutschließenden Stöpseln auf.

Verwendung: Dient als wertvolles Anästhetikum (seit Simpson, Edinburg 1848 eingeführt), als Extraktionsmittel für ätherische Öle, als Lösungsmittel für Kautschuk, Guttapercha, für Harze, Kampfer, Alkaloide, für Brom und Jod. Aus Chloroform erhält man durch Kondensation mit Azeton Azetonchloroform $(CH_3)_2C.CCl_3$ und aus diesem mit Chloral Chloralazetonchloroform (Hofmann-La Roche, D.R.P. 151 188). Chloroform dient als wertvolles Antiseptikum und zur Desinfektion von Leibwäsche (s. Desinfektionsmittel 81), es wird auch in der Farbenfabrikation verwendet.

Preise: Chloroform,

techn.	% kg M. 145,00
rein, Ph. G. V	% kg M. 150,00
Narkosechloroform (Chloroformium pro narcosi	% kg M. 205,00
Chloralchloroform	% kg M. 500,00
Chloroform „Anschütz"	
1 Originalglas von 50 g	M. 0,85
1 „ „ 25 g	M. 0,55
Chloroform medizinale „Pictet" einschließl.	
Flaschen von 1 kg	1 kg M. 12,00
0,5 kg	1 kg M. 12,50
0,25 kg	1 kg M. 13,00
120 g	1 kg M. 15,00
einschl. Röhrchen von 60 g	1 kg M. 17,00

Bezugsquellen: Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin SO 36 („Anschütz"); Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen; Joh. Diedr. Bieber in Hamburg, Hansahaus; Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chemische Fabrik Buckau, Magdeburg; Chemische Fabrik Cotta, E. Heuer in Dresden-Altst.; Chemische Fabrik Ellerholz G. m. b. H., Hamburg, Ferdinandstraße; Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler G. m. b. H.; Fürstenwalde (Spree); R. Eisenmann, Berlin O, Mühlenstr.; Gehe u. Co. A.-G., Dresden-N. (auch puriss. pro narcosi); Dr. Hauser u. Co., Köln a. Rh.; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; E. Merck, Darmstadt; J. D. Riedel A.-G., Berlin-Britz (pro narcosi); Saccharinfabrik vorm. Fahlberg, List u. Co., Magdeburg-Südost; Verein chemischer Fabriken, Mannheim.

Anlagen zur Herstellung von Chloroform richten ein: F. H. Meyer, Hannover-Hainholz; Heinrich Hirzel, Leipzig-Plagwitz.

Literatur:

Richter, Chemie der Kohlenstoffverbindungen, Bd. I, Bonn 1909 u. 1919.
Beilstein, Handbuch der org. Chemie, Hamburg-Leipzig 1893.
F. Fischer, Handbuch der chem. Technologie, Leipzig 1893.

Ed. Schenk.

Chloromelanit s. Jadeit, Steine I, 11.
Chlorphenol s. Desinfektionsmittel 92.

Chlorsäure, lat.: acidum chloricum; frz.: acide chlorique; engl. chloric acid. Chem. Zus.: $HClO_3$. Mol.-Gew. 84,46. Cl: 41,97%, O: 47,36%, H_2O: 10,67%. Chlorsäure existiert nur in wässriger Lösung. Sie bildet im verdünnten Zustande eine farblose, in konz. Zustande eine gelbliche Flüssigkeit vom spez. Gew. 1,120, die besonders beim Erwärmen stechend riecht. In verdünntem Zustande geruchlos. Geschmack scharf sauer und zusammenziehend. Bildungswärme aus Cl und O: (Cl_2,O_5,aq): —20,48 kcal.

Die wässrige Lösung der Chlorsäure läßt sich im Vakuum ohne Zersetzung konzentrieren, wobei eine Konzentration bis zum spez. Gew. $D_{14,2^0} = 1{,}182$ mit 40,1% $HClO_3$ erreicht werden kann. Beim weiteren Konzentrieren tritt allmählicher Zerfall in Chlor, Sauerstoff und Perchlorsäure ein. Chlorsäure läßt sich, wenn vollkommen rein, ohne wesentliche Zersetzung auf 100°C erhitzen.

Volumgewicht der Lösungen von Chlorsäure in Wasser bei 14° (Kämmerer):

Vol.-Gew.	Proz. Cl_2O_5	Proz. $HClO_3$
1,128	16,98	19,000
1,161	21,29	23,823
1,261	35,73	39,982

Die konz. Lösung der Chlorsäure wirkt stark oxydierend. Schwefel und Phosphor werden unter Feuererscheinung zu Schwefel- und Phosphorsäure oxydiert. Schwefelwasserstoff wird durch die konz. Lösung zu Schwefelsäure und Salzsäure, in verdünnter Lösung zu Schwefel und Wasser oxydiert. Aus Jod entsteht Jodsäure, aus Chlorwasserstoff Chlor. Mit Metallen wie Magnesium, Aluminium, Zink entstehen unter Wasserstoffentwicklung die entsprechenden Chlorate, wobei der Wasserstoff in statu nascendi einen Teil der Chlorsäure reduziert. Metalle wie Eisen, Wismut, Zinn werden durch Chlorsäure zu Oxyden oxydiert, die sich dann in der überschüssigen Säure zu Chloraten lösen. Alkohol, Äther, Papier werden durch Chlorsäure entzündet. Die konz. Säure färbt blaues Lackmuspapier zunächst rot und entfärbt es dann schnell. Die Chlorsäure bildet mit Salzsäure Chlor. Sie ist einbasisch.

Verwendung: Chlorsäure dient besonders als Oxydationsmittel.

Preise: Chlorsäure % kg M.
flüssig, techn. (1,120 = 15,5° Bé)
1 kg M. 2,50 180,00
„ chem. rein (1,120 = 15,5° Bé)
1 kg M. 3,50

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 2.

Ed. Schenk.

Chlorschwefel s. Schwefelchlorid u. -chlorür.
Chlortrinitrobenzol s. Sprengstoffe V, 5 (Tabelle) b.
Chlorwasserstoffsäure s. Salzsäure.
Chondrin s. Leim.
Chondrogen s. Leim.
Christolit s. Steine V, F.
Chrislpalmöl s. Fette II, B, 11.

Chrom; franz.: chrome; engl.: chrome oder chromium. Chemisches Element, Metall, Zeichen: Cr.

Atomgewicht 52,01[1]). 2-, 3-, 6-wertig, manchmal auch 4- oder 5-wertig. Das 6-wertige Chrom hat metalloiden Charakter.

Formarten: spröde. Kristallisiert in Rhomboedern[2]), Oktaedern[3]) quadratischen Pyramiden, Würfeln[4]), je nach der Darstellungsart. Größe der Kristalle 0,02—0,03 mm. Chrom kommt in zwei allotropen Modifikationen vor[5]), einer aktiven und einer passiven[6]). Plastisches Chrom s. [7]).

Kolloides Chrom: Fein zerteiltes Chrom, welches beispielsweise durch Kathodenzerstäubung erhalten wird, kann in den kolloiden Zustand übergeführt werden[8]).

Schmelzpunkt: 1515°[9]) bis 1520°[10]). Ein 1—2% Verunreinigungen enthaltendes Metall hat einen Schmp. von 1489°[11]). Erstarrungspunkt eines 1% Verunreinigungen enthaltenden Metalls 1513—1550°[12]).

Siedepunkt: 2200° bei 760 mm Druck[13]).

Dichte bei 16° 6,71[14]). Chemisch reines Chrom bei 20° 6,92[15]). Dichte eines Metalls mit mehr als 2% Eisen 6,8[16]).

Atomvolumen 7,7[17]).

Dampfspannung: Chrom hat auf Kohle im Vakuumofen bei 1514° 5 mm Dampfdruck[18]).

Spez. Wärme bei 50° absolut 0,0142[19]). Bei 0° 0,10394, bei 100° 0,11211, bei 500° 0,15030 cal/g Grad[20]). Von —188° bis +20° 0,0794 cal/g Grad[21]).

Atomwärme bei 50° absolut 0,70[19]), bei 0° 5,405, bei 300° 6,427[22]).

Innere Reibung: Flüssiges Chrom ist in der Nähe des Schmelzpunktes sehr viskos[23]).

Härte: Chrom ist außerordentlich hart, etwa so hart wie Korund. Im System von Rydberg ist die Härte = 9[24]).

Zusammendrückbarkeit = 0,7 für 0,987 atm[25]).

Optische Eigenschaften: Absorptionsindex für Natriumlicht 4,85.[26]) Brechungsindex für Natriumlicht 2,97[26]). Spez. Brechungsvermögen 0,305[27]). Refraktionsäquivalent 15,9[27]). Dispersion[28]). Reflexionsvermögen 69,7%[26]), s. a. [29]) Haupteinfallswinkel 79°7′, Hauptazimut 29°16′[30]).

Farbe: zinnweiß bis stahlgrau.

Spektralanalyse: Anzahl der Linien im Bogenspektrum 1697, im Funkenspektrum 1806.[31]) Photographien des Spektrums.[32]) Linien des Bogenspektrums[33]). Linien des Funkenspektrums[34]). Ultraviolettes Spektrum[35]). Im Knallgasgebläse reines Linienspektrum. Der Dampf soll ein karnelliertes Absorptionsspektrum geben[36]). Die Verbindungen zeigen charakteristische Absorptionsspektren.

Elektrisches Leitvermögen bei 0° 38,5.10⁴ reziproke Ω für den Zentimeterwürfel[37]).

Magnetische Eigenschaften: Völlig eisenfreies Chrom ist sehr schwach ferromagnetisch[38]). Die Suszeptibilität zwischen —170° und +500° unveränderlich, zwischen 500° und 1100° zunehmend[39]), bezogen auf die Masseneinheit und das Vakuum = 0 bei 18° + 3,7.10⁻⁶, bei 1100° 4,2.10⁻⁶[40]). Atommagnetismus[41]). Magnetische Eigenschaften bei tiefen Temperaturen[42]).

Galvanische Eigenschaften: Zwischen aktivem und passivem Chrom besteht eine Differenz in der elektromotorischen Kraft von etwa 1,6 V. Aktives Chrom steht in der Spannungsreihe hinter Zink, inaktives bei

Platin, ist also so stark elektronegativ wie ein Edelmetall. Zwischen den beiden Grenzen der elektromotorischen Kräfte gibt es alle möglichen Übergänge[6]) [43]).

Verhalten gegen Röntgenstrahlen: Das Röntgenspektrum zeigt zwei Linien, eine starke (α) und eine schwache (β)[44]).

Haltbarkeit: Chrom ist an der Luft unveränderlich.

Bearbeitbarkeit: Reines Chrom ist polierbar.

Verwendbarkeit: Chrom findet vor allem in Form von Legierungen Verwendung in der Eisenindustrie. Wichtige Eisenlegierungen sind: Ferrochrom, Chromstahl.

Gold, Silber, Kupfer, Nickel, Zinn, Blei und Zink werden durch den Zusatz von einigen Prozent Chrom härter. Chromzusatz gibt Kupfer, Messing und Neusilber die Bruchfestigkeit von Stahl[45]). Chrom vermehrt den elektrischen Widerstand von Mangan, Ferromangan, Nickeleisen, ferner die antimagnetischen Eigenschaften von Kupfer, Platin, Palladium, Mangan, Wolfram und Kadmium (Anwendung in der Uhrenindustrie). Weiterhin werden Chromlegierungen für Herdplatten, Musikinstrumente und Glocken verwendet. Wegen der Härte der Chromlegierungen dient das sog. Stellit (75% Kupfer, 25% Chrom) zur Herstellung von Messerklingen und Gewichten[46]). Da der Chromgehalt die Legierungen auch widerstandsfähiger gegen hohe Temperaturen und gegen chemische Einflüsse macht, werden solche Legierungen für besonders stark beanspruchte Maschinenteile verwendet[47]).

Höherer Chromgehalt macht die Legierungen so hart, daß sie nur auf dem Schleifstein bearbeitet werden können.

Gekörntes Chrom dient zur Widerstandserhitzung bis 2000° [48]).

V. Engelhardt.

Chemische Eigenschaften: Met. Chrom bedeckt sich beim Glühen an der Luft mit einer grünen Schicht von Chromoxyd. Es zersetzt Wasser in der Glühhitze unter Wasserstoffentwicklung und Bildung von Chromoxyd. In heißer Schwefelsäure unter Entwicklung von Wasserstoff zu Chromisulfat löslich. Met. Chrom wird von Salzsäure bei gewöhnl. Temperatur nicht angegriffen. Verwendet man Chrom als Anode, so geht es bei schwachem Strom als Chromochlorid in Lösung. Bei stärkerem Strom bildet sich Chromsäure. In der Wärme löst sich Chrom in Salzsäure unter Wasserstoffentwicklung zu Chromochlorid. In Salpetersäure wird Chrom passiv und wird daher zunächst nicht angegriffen. Nach einiger Zeit oder beim Erwärmen geht Chrom in Lösung. Beim Erhitzen im Chlorstrome entsteht Chromtrichlorid.

Verwendung: Chrom dient zur Herstellung von Chromstahl für Werkzeugstahl, etwa 2,5% Chromzusatz. Man setzt es dem Stahl beim Tiegelstahlschmelzen meist als Ferrochrom mit 60—75% Chrom hinzu. Ein Chromgehalt von 0,5—20% verleiht den Metallen außerordentliche Härte und Zähigkeit. Es macht die Metalle schwerer schmelzbar und erhöht die Widerstandsfähigkeit der Metalle und Legierungen gegen chemische Agentien und hohe Temperaturen. Chrom dient auch zur Herstellung elektr. Fernthermometer (z. B. Chrom-Nickel), als Ersatz für Platin.

Preise: Chrommetall, geschmolzen, 98—99% Chrom, kohlefrei % kg M. 500,00

Bezugsquelle: Th. Goldschmidt, chem. Fabrik und Zinnhütte, Abt. Thermit, Essen.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handbuch der anorg. Chemie 3, 1; Le Blanc, Die Darstellung des Chroms und seiner Verbindungen mit Hilfe des elektr. Ofens, Halle 1912.

Ed. Schenk.

1. Internationale Atomgewichte von 1916 (1918 kein neuer Beschluß), Ber. chem. Ges. **51**, 8 (1918).
2. Jäger und Krüß, Ber. chem. Ges. **22**, 2052 (1889).
3. Bolley, J. chem. Soc. **13**, 133 (1861).
4. Moissan, Compt. rend. **119**, 187 (1894).
5. Berzelius, Lieb. Ann. **49**, 247 (1844).
6. Hittorf, Ber. Bayr. Akad. **71**, 193 (1898), Z. phys. Chem. **25**, 729 (1898), **30**, 481 (1899), **34**, 385 (1900).
7. Schilling, DRP 12n 253736 9. 5. 1909, Ztrbl. **1913 I**, 1480.
8. Kužel, DRP 197379 1905, Ztrbl. **1908 I**, 1654.
9. Lewis, Chem. News **86**, 13 (1902), Ztrbl. **1902 II**, 499.
10. Burgeß u. Waltenberg, Z. anorg. Ch. **82**, 361 (1913).
11. Burgeß, Bull. Bur. Stand. **3**, 345 (1907), Ztrbl. **1908 I**, 341.
12. Treitschke u. Tamman, Z. anorg. Ch. **55**, 402 (1907); Williams, ebd. **55**, 1 (1907); Voß, ebd. **57**, 58 (1908); Lewkonja, ebd. **59**, 293 (1908); Hindricks, ebd. **59**, 414 (1908).
13. Greenwood, Proc. Roy. Soc. A 82 396 (1909) Z. El. Chem. **18**, 319 (1912), Ztrbl. **1912 I**, 1969.
14. Glatzel, Ber. chem. Ges. **23**, 3127 (1890).
15. Moissan, Compt. rend. **116**, 349 (1893). 117 679 (1893)
16. Honda, Ann. Phys. (4) **32**, 1044 (1910), Ztrbl. **1910 II**, 857.
17. Richards, Z. El. Chem. **13**, 519 (1907), Ztrbl. **1907 II**, 1143.
18. Ruff u. Goecke, Z. ungew. Ch. **24**, 1459 (1911), Ztrbl. **1911 II**, 1412.
19. Dewar, Proc. Roy. Soc. **89**, A 158 (1913), Ztrbl. **1913 II**, 1360.
20. Nordmeyer u. Bernouilli, Verh. d.

Phys. Ges. **9**, 175 (1907), Ztrbl. **1907 II**, 10. s. a. 22.
21. Richards u. Jackson, Z. phys. Ch. **70**, 414 (1910). Ztrbl. 1910 I 1328.
22. Adler, Diss. Zürich 1902 Beibl. **27**, 330 (1903).
23. Treitschke u. Tamman, Z. anorg. Ch. **55**, 402 (1907).
24. Rydberg, Z. physik. Ch. **33**, 353 (1900).
25. Richards, Z. El. Chem. **13**, 519 (1907), Ztrbl. **1907 II**, 1143.
26) Wartenberg, Verh. d. Phys. Ges. **12**, 105 (1910), Ztrbl. 1910, I 1098.
27. Gladstone, Proc. Roy. Soc. **16**, 439 (1867), **18**, 49 (1870).
28. Fréedericksz, Ann. Phys. (4) **34**, 780 (1911), Ztrbl. **1911 I**, 1626.
29. Coblentz, J. Franklin. Inst. **170**, 169 (1910); Bull. Bur. Stand. **2**, 470 (1907); Ztrbl. **1910 II**, 1359.
30. Bernouilli, Diss. München 1904, Phys. Z. **5**, 623 (1904), Ztrbl. **1904 II**, 1371.
31. Exner u. Haschek, Die Spektren der Elemente bei normalem Druck, Leipzig u. Wien 1911, 1. Bd., S. 35.
32. Hagenbach u. Konen, Atlas der Emissionsspektren der meisten Elemente, Jena 1905, Tafel 19 u. 20.
33. Hasselberg, Akad. Stockholm **26**, (1894); Stüting, Z. f. wiss. Phot. **7**, 73 (1909); Eder u. Valenta, Sitzber. Wien. Akad. **119** IIa, 519 (1910); Exner u. Haschek, l. c. 1. Bd., S. 46; 2. Bd., S. 39.
34. Adeney, Roy. Dubl. Soc. (2) **7**, 331 (1901); Cooper, Astrophys. J. **29**, 329 (1909); Exner u. Haschek, l. c. 1. Bd., S. 59; 3. Bd., S. 39.
35. Exner u. Haschek, Wellenlängentabellen auf Grund der ultravioletten Funkenspektren der Elemente, Leipzig u. Wien 1902, 1. Bd., S. 21; 2. Bd., S. 25;. Exner u. Haschek, Wellenlängentabellen auf Grund der ultravioletten Bogenspektren der Elemente, Leipzig u. Wien Wien 1904, 1. Bd., S. 26; 2. Bd., S. 21.
36. Kayser, Handbuch der Spektroskopie, 3. Bd., Leipzig 1905, S. 323.
Weitere Literatur über das Chromspektrum s. Kayser, l. c. 5. Bd., Leipzig 1910 S. 337—339.
37. Shukow, s. Landolt-Börnstein, Physik. chem. Tab. 4. Aufl., 1912, S. 1072.
38. Ihde, Ann. Phys. (4) **41**, 829 (1913), Ztrbl. **1913 II**, 847.
39. Owen, Ann. Phys. (4) **37**, 657 (1912), Ztrbl. **1912, I** 1957.
40. Honda, Ann. Phys. (4) **32**, 1027 (1910), Ztrbl. **1910 II**, 857.
41. Wiedemann, Wied. Ann. **32**, 452 (1887).
42. Weiß u. Kamerlingh Onnes, Compt. rend. **150**, 687 (1910).
43. Muthmann u. Frauenberger, Sitzber. Bayr. Akad. **34**, 201, 212 (1904), Ztrbl. **1904 II**, 972.
44. Moseley, Phyl. Mag. (6) **26**, 1024 (1913), Ztrbl. **1914 I**, 448; Phil. Mag. **27**, 703 (1914), Ztrbl. **1914 I**, 1870.
45. DRP 89348 (1896), Z. ang. Chem. **9**, 729 (1896).
46. Chem. Ztg. Rep. **1910**, 612.
47. DRP 270750.
48. Dony-Henault, Compt. rend. **156**, 66 (1913), Ztrbl. **1913 I**, 686.

V. Engelhardt.

Chromalaun s. Ammonium- u. Kaliumchromsulfat.

Chromatpapiere s. Photogr. Materialien F, 4.

Chromblau s. a. Kaliumbichromat.

Chromchlorid, Chromtrichlorid; lat.: chromium chloratum; frz.: chlorure de chrome; engl.: chloride of chromium. Chem. Zus.: $CrCl_3.6H_2O$. Mol.-Gew. 266,5. Cr: 19,66%, Cl: 39,9%, H_2O: 40,44%. In wasserfreiem Zustande pfirsichblütrote glänzende Blättchen vom spez. Gew. 2,76. Spez. Wärme 0,143. Bei hoher Temperatur im Chlorstrome verdampfbar. Reines Chromtrichlorid ist in kochendem Wasser sehr schwer löslich. Leicht löslich schon in kaltem Wasser bei Gegenwart von nur geringen Mengen Chromchlorür.

Volumgewicht der Lösungen von Chromchlorid in Wasser bei 15°.

Vol.-Gew.	Grad Beaumé	g Cr_2O_3 im Liter
1,008	1,2	5
1,016	2,3	10
1,032	4,3	20
1,048	6,5	30
1,065	8,7	40
1,082	10,9	50
1,098	12,9	60
1,115	14,9	70
1,131	16,6	80
1,148	18,6	90
1,164	20,2	100
1,180	22,0	110
1,197	23,8	120
1,213	25,3	130
1,229	26,8	140
1,245	28,4	150
1,261	29,8	160
1,276	31,2	170

Leicht löslich in Alkohol, löslich in rauchender Salzsäure, schwer löslich in Azeton, unlöslich in Äther. Aus der grünen Lösung scheiden sich grüne Kristalle von $CrCl_3.6H_2O$ aus, die an feuchter Luft leicht zerfließlich sind. Beim Trocknen der Kristalle oder beim Eindampfen der wässrigen Lösung zersetzt sich Chromchlorid in $CrCl_2(OH)$ und $CrCl(OH)_2$, bis schließlich Chromhydroxyd hinterbleibt.

Chromtrichlorid beginnt bei 355° an der Luft sich zu zersetzen und verbrennt unter Sauerstoffaufnahme zu Chromtrioxyd. Mit Wasserstoff oder mit Salmiakdämpfen erhitzt, geht es unter Chlorabscheidung in

Chromochlorid ($CrCl_2$) über. Mit Chromsäure bildet Chromchlorid Chromylchlorid. Beim Schmelzen mit Soda und Salmiak entsteht Chromoxyd. Met. Kalzium oder Aluminium reduzieren zu met. Chrom.

Verwendung: Chromchlorid dient zur Herstellung von Chromwolframat (Chromium wolframicum) durch Umsetzung mit Natriumwolframat, von Chromformiat für Chromleder aus Chromchlorid und Natriumformiat, von Chromol (J. Boeck, Z. angew. Ch. 1914, 224). Chromchlorid neutral oder basisch dient als Baumwollbeize (20° Bé und 12stündige Einwirkung) und zum Gerben von Leder nach dem Einbadverfahren, meist in Verbindung mit Chromisulfat oder Chromalaun mit Sodalösung, um die Lösung basisch zu machen.

Preise: Chromchlorid % kg M.
techn. flüssig (30° Bé) 40,00
„ „ (40° Bé) 50,00
„ „ (50° Bé) 60,00
fest 83,00
chem. rein, entwässert . 1 kg M. 6,50
„ „ Lösung . . 1 „ „ 4,50

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze vor Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 3.

Ed. Schenk.

Chromgelb s. Farbstoffe I, 20; s. a. Bleichromat.

Chromgrün s. Farbstoffe I, 21; s. a. Chromoxyd; Kaliumbichromat.

Chromhydroxyd, Chromoxydhydrat, lat.: chromium oxydatum hydratum; frz.: hydroxyde de chromé; engl.: hydroxide of chromium. Chem. Zus.: $Cr(OH)_3$. Mol.-Gew. 103,1. Grünliches wasserhaltiges Pulver, das beim starken Glühen unter Verlust von Wasser in das wasserfreie Oxyd übergeht. In frisch gefälltem Zustande in Ätzalkalien mit grüner Farbe löslich, getrocknet darin jedoch schwer löslich. Durch Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff oder Ammoniak wird aus dieser Lösung wieder Chromhydroxyd gefällt. Mit Säuren entstehen Chromisalze

Aus der alkalischen Lösung wird Chromhydroxyd durch Baumwolle oder durch Gewebe aus anderen pflanzlichen Stoffen auf der Faser in feinster Verteilung niedergeschlagen.

Verwendung: Chromhydroxyd wird verwendet als Smaragdgrün als Malerfarbe, zur Herstellung von Chromfluorid (Fluorchrom, $Cr_2Fl_6.8H_3O$), von Chromsulfat, durch Lösen in Schwefelsäure, von Chromsulfit (Chromium sulfurosum, $Cr_2(SO_3)_6$ durch Auflösen von Chromhydroxyd in schwefliger Säure, von Chrombisulfit und Chromhydroxyd mit überschüssiger schwefliger Säure. Diese Verbindungen dienen alle für Beizzwecke.

Preise: Chromhydroxyd
in Teigform . . . . . % kg M. 50,00
fest, löslich . . . . . % „ „ 145,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; E. Merck, Darmstadt; Karl Neuhaus, GmbH., Elberfeld; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 3.

Ed. Schenk.

Chromocker s. Farbstoffe I, 22.

Chromolithporphyr s. Steine V, L.

Chromorange s. Farbstoffe I, 23; s. a. Bleichromat.

Chromoxyd, Chromtrioxyd, Chromsesquioxyd; lat.: chromium oxydatum; frz.: oxyde de chrome, engl.: oxide of chromium. Chem. Zus.: Cr_2O_3. Mol.-Gew. 152,2. In amorphem Zustande lebhaft grün bis dunkelgrün gefärbtes Pulver, das beim Erhitzen bräunlich wird. Kristallisiert bildet es schwarzgrüne bis schwarze hexagonal rhomboedrische Kristalle, die mit Aluminium- und Eisenoxyd isomorph sind. Spez. Gew. 6,2. Spez. Wärme 0,177. Kristallisiertes Chromoxyd ist sehr hart, wie Korund, ritzt Glas und Topas. Das aus Kaliumbichromat oder aus Ammoniumbichromat hergestellte Chromoxyd ist talkähnlich. Schmilzt im Knallgasgebläse.

Unlöslich in Wasser und Alkalien, wenig löslich in Mineralsäuren. Beim Erhitzen von Chromoxyd auf über 900° erhält man eine Modifikation, die von Alkalien und Säuren, sowie von Schwefelwasserstoff und den Halogenen nicht mehr angegriffen wird. Mit Chlorgas bei Gegenwart von Feuchtigkeit entsteht bei etwa 440° Chromylchlorid, mit Phosphorpentachlorid bildet sich Chromchlorid. Alkalimetalle, Kohlenstoff, Magnesium oder Aluminium reduzieren es zu met. Chrom.

Alkalihydroxyde bei Gegenwart von Oxydationsmitteln wie Kaliumchlorat, Sal-

peter oxydieren Chromoxyd zu Chromat. Mit Kohlenstoff und Chlorgas entsteht beim Erhitzen Chromchlorid. Bei der Einwirkung von Kohlenstofftetrachlorid auf Chromoxyd entsteht bereits unterhalb Rotglut Chromtrichlorid neben Kohlenoxychlorid und Kohlensäure.

Verwendung: Chromoxyd findet Anwendung in der Malerei als Chromgrün; s. d. zur Herstellung künstlicher Edelsteine, in der Glas- und Porzellanmalerei als grüner Farbstoff. Zur Herstellung von wasserfreiem Chromchlorid durch Überleiten von Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Chromoxyd und Kohlenstoff; als Poliermittel für Stahl und als Metallschleifmittel (Dingl. Journ. 158, 159).

Preise: Chromoxyd % kg M.
techn. wasserfrei . . . 180,00—200,00
chem. rein, wasserfrei . 300,00

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chem. Fabrik Koblenz-Wallersheim G. Wilckens Nachf. Dr. Kretzer, Wallersheim bei Koblenz-Neuendorf; Chem. Fabrik von J. E. Devrient AG., Zwickau (Sa.); Chem. Fabr. Hertigswalde, Dr. Müller u. Dr. Jochheim, Sebnitz (Sa.); Chem. Fabrik Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer u. Co., Leverkusen a. Rh.; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Reimbold u. Strick, GmbH., Köln a. Rh. (Gereonshaus).

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 3.

Ed. Schenk.

Chromoxydgrün s. Farbstoffe I, 23.

Chromoxydhydrat s. Chromhydroxyd.

Chromrot s. Farbstoffe I, 25; s. a. Bleichromat.

Chromsäure, Chromsäureanhydrid, Chromtrioxyd; lat.: acidum chromicum; frz.: acide chromique; engl.: chromic acid. Chem. Zus.: CrO_3. Mol.-Gew. 100,1. Braunrote bis karmoisinrote, rhombische Nadeln, die an feuchter Luft zerfließen. Spez. Gew. 2,79; der geschmolzenen und erstarrten Chromsäure 2,82. Schmilzt unter Schwarzfärbung bei 180—190°, bei stärkerem Erhitzen unter teilweisem Verflüchtigen in Chromoxyd und Sauerstoff zersetzlich. Bildungswärme $2Cr(OH)_3 + 30 + aq = 2H_2CrO_4$ (gel.) + 14,5 kcal. Neutralisationswärme $CrO_3 + K_2O = K_2CrO_4 + 99{,}6$ kcal; $CrO_3 + Na_2O = Na_2CrO_4 + 79{,}4$ kcal. Chromsäure ist in Wasser sehr leicht löslich.

Volumgewichte der Lösungen von Chromsäure in Wasser (Zettnow; Mendelejeff):

Proz. CrO_3	Vol.-Gew. $\frac{17{,}5°}{17{,}5°}$	Vol.-Gew. $\frac{15°}{4°}$
0	1,000	0,999
5	1,037	1,036
10	1,076	1,076
15	1,118	1,119
20	1,162	1,166
25	1,208	1,215
30	1,258	1,268
35	1,312	1,324
40	1,373	1,383
45	1,440	1,415
50	1,512	1,510
55	1,587	1,579
60	1,665	—

In Schwefelsäure und in wasserfreiem Äther unverändert löslich. Die Lösung schmeckt herb, aber nicht metallisch. Auf der Haut, auf Wolle und Seide, aber nicht auf Baumwolle erzeugt die wässrige Lösung gelbe Flecken. Aus ihr scheiden sich kleine rosenrote Kristalle von Chromsäure H_2CrO_4 aus. Mit Alkalien entstehen Chromate. Chromsäure ist ein kräftiges Oxydationsmittel, Alkohol wird durch Chromsäure sehr langsam, bei Gegenwart von Schwefelsäure jedoch sehr lebhaft unter Bildung von Chromsulfat zu Essigsäure oxydiert. Bei der Elektrolyse entsteht neben Wasserstoff und Sauerstoff Chromchromat. Wasserstoff wird durch Chromsäure zu Wasser oxydiert. Halogenwasserstoffsäuren werden beim Kochen, Eisenoxydul, Stannosalze, sowie arsenige Säure werden bereits bei gewöhnl. Temperatur oxydiert. Schwefel, Phosphor, die Alkalimetalle verbrennen teilweise mit heftiger Reaktion. Mit gasförmiger Salzsäure entsteht Chromylchlorid. Chromsäure scheidet aus Kaliumjodidlösung Jod ab. Organische Substanzen, wie Papier, werden durch Chromsäure, besonders im Sonnenlichte oder bei Gegenwart von Schwefelsäure stark angegriffen. Chromverbindungen verursachen auf der Haut Geschwüre, sowie als Staub Reizung der Augenbindehaut und der tieferen Luftwege. Sorgfältige Beachtung von Hautverletzungen ist nötig.

Verwendung: Chromsäure wird verwendet als Oxydationsmittel besonders in Verbindung mit Schwefelsäure, als Bleichmittel für Fette und Öle, für galvanische Elemente als Erregerflüssigkeit; in der Färberei, Medizin; zur Herstellung von Chrom-

chromat, durch Auflösen von Chromhydroxyd in Chromsäure, zur Herstellung von Chromalin (Chrombeize) durch Reduktion von Chromsäure mit Glyzerin oder Fettkörpern, besonders geeignet zum Drucken von Chromfarbstoffen auf Wolle (Frz. Pat. 291471), von Chromolfarben nach Dr. Rud. Eberhard, zu Imprägnierungs-, Farbenbinde- und Anstrichschutzmitteln besonders gegen Rostbildung. Zum Reinigen von Azetylengas, als Blankbeize. An Stelle von Chromsäure kann Alkalibichromat mit Schwefelsäure angewandt werden.

Preise: Chromsäure % kg M.
roh, krist. für elektr. Batterien . 90,00
techn. krist. (80%) 140,00
gereinigt, krist. . . . . 1 kg M. 2,65
chem. rein, krist. DAV. . 1 „ „ 5,35

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Farbwerke vorm. Meister Lucius u. Brüning, Höchst a. M.; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; C. A. F. Kahlbaum, GmbG., Adlershof bei Berlin; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 3, 1.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 3.

Ed. Schenk.

Chromsäureelement s. Kaliumbichromat.
Chromsesquioxyd Chromoxyd.
Chromstahl s. Eisen V, 5.
Chromtrichlorid s. Chromchorid.
Chromtrioxyd s. Chromoxyd u. Chromsäure.
Chromzinnober s. Farbstoffe I, 25.
Chrysokalk s. Legierungen I, a; s. a. Gold (goldähnliche Legierungen).
Chrysolith s. Steine II, B, 16.
Chrysorin s. Legierungen I, b, 2.
Chrysotil s. Steine II, B, 15.
Chrystopalwandplatten s. Steine III, 15.
Clermonite s. Sprengstoffe V, 4, b.
Cobalt s. Kobalt.
Cochenille s. Kochenille.
Cochinfaser s. Textilien unter Kokosfaser.
Cochinöl s. Kokosnußöl, Fette II, 4.
Cocobolo s. Holz VII, 40.
Cölinblau s. Farbstoffe I, 26.
Condensit s. Plastische Massen 7.
Contoxinfarben s. Steine V, M.
Coopalpulver s. Sprengstoffe V, 4, b.
Coopermetall s. Silber, Legierungen 14; Legierungen I, a.
Cordit s. Sprengstoffe V, 4.
Cornishbraun s. Legierungen I, a.
Corubin s. Aluminium.
Coruleum s. Kobaltsulfat; Farbstoffe I, 26.
Coryptol s. Fette II, H.
Creolin s. Desinfektionsmittel 101.
Cresylite s. Sprengstoffe V, 5, d.
Crossbred s. Textilien A, III, a, 1.
Cuerorinde s. Gerbstoffe 25.
Cuivre poli s. Legierungen I, b, 2.
Cupren s. Kork.
Cupror s. Legierungen I, c, 1.
Curcuma s. Farbstoffe I, 55.
Cyan- s. Zyan-.
Cyllin s. Desinfektionsmittel 102.
Cyprische Erde. — Umbra s. Farbstoffe I, 90.
Cystin s. Eiweiß.

D

Dachpappe s. Steine V, N; s. a. Papier.
Dachschiefer s. Steine II, X, 31.
Dachziegel s. Steine IV.
Damast s. Textilien C, II, 4.
Dammar s. Harze A, 4.
Dampf s. Wasser I, 3; s. a. Desinfektionsmittel 5.
Daniellelement s. Kupfersulfat.
Dazit s. Steine II, X, 21.
De Bruynsche Platten s. Steine V, A, 2.
Deckfarben s. Farbstoffe I, Einleitung.
Deckgrün s. Farbstoffe I, 21, 24; -weiß 58.
Decrolin s. Natriumhydrosulfit.
Degras s. Fette II, C, 7.
Deltametall s. Legierungen I, b, 5.
Denaturierung s. Natriumchlorid; Steinkohlenteer 9.
Dental alloy s. Silberlegierungen 14.
Dermagummi s. Jod.
Dermatoid s. Plastische Massen 1.
Dermatol s. Wismutnitrat.

Desinfektionsmittel. Unter Desinfektion versteht man im engeren Sinne die Abtötung der pathogenen (krankheitserregenden) Bakterien und ihrer Dauerformen, der Sporen. In weiterem Sinne bezeichnet man damit die Abtötung und Fernhaltung von Schädlingen aller Art wie z. B. der wilden Hefen in den Gärungs-

gasarten, der tierischen Parasiten in den Wohnungen und Kleidern der Menschen und der das Holz zerstörenden Pilze; schließlich auch die Beseitigung oder Überdeckung übler Gerüche, die bei Fäulnis- u. dgl. Vorgängen entstehen.

Man muß dabei unterscheiden zwischen natürlicher und künstlicher Desinfektion. Durch natürliche Desinfektion findet z. B. die Selbstreinigung der Flüsse statt. Wenige Meilen unterhalb großer Städte sind die Flüsse, in die die ganzen Abfallstoffe aus den Häusern und Straßen eingeleitet wurden, praktisch frei von Krankheitserregern; Licht, Luft, die Tier- und Pflanzenwelt der Flüsse haben sie abgetötet. Ähnlich bewirkt man in den Gärungsbetrieben eine Überwucherung und schließlich Abtötung schädlicher Bakterien und wilder Hefen durch Kulturhefen, indem man die Menge der letzteren sehr groß und die Lebensbedingungen für sie möglichst günstig wählt („natürliche Reinzucht"). Nicht zu verwechseln mit solcher Entwicklungshemmung ist die Asepsis oder Fernhaltung von Infektionen durch Abtötung der schädlichen Keime in der Umwelt des zu schützenden Gegenstandes; sie wird mit den sonst gebräuchlichen Mitteln der künstlichen Desinfektion durchgeführt; nur das Objekt ist ein anderes.

Dagegen ist die Geruchlosmachung (Desodorierung) häufig keine Desinfektion, sondern sie beseitigt oder überdeckt nur die übelriechenden Produkte der Fäulnis- oder Eiterbakterien. Oft wird zugleich eine Entwicklungshemmung aber keine gründliche Abtötung, insbesondere der Sporen pathogener Bakterien, erreicht. Das gleiche gilt für die Desinfektionsstoffe, die in unzureichender Konzentration oder zu kurze Zeit hindurch oder unter ungünstigen Bedingungen angewendet werden.

Ungleich widerstandsfähiger als die vegetativen Formen der Bakterien sind die Sporen. Zum Glück bilden die meisten Krankheitserreger keine solche Dauerformen wie sie z. B. die Erreger des Milzbrandes und des Wundstarrkrampfes (Tetanus) erzeugen. Dagegen spielt in den Gärungsgeweben die Bekämpfung der sporenbildenden wilden Hefen eine wichtige Rolle.

Man muß ferner unterscheiden zwischen den aeroben Parasiten, die an der Luft leben, den anaeroben, die nur bei Luftabschluß existieren können und den fakultativ anaeroben, die unter beiden Bedingungen fortkommen. Zu der zweiten Klasse, deren Angehörige schon durch Luft abgetötet werden, gehören die krankheitserregenden Protozoen, die Blutschmarotzer: Trypanosomen, Spirochäten, Syphilis- und Malariaerreger. Zu den fakultativ anaeroben Bakterienarten gehören die meisten pathogenen Bakterien.

Den Ausbau der Lehre von der Desinfektion verdanken wir Robert Koch[1]), der nach seiner Entdeckung der Milzbrandbakterien und ihrer Sporen Versuche über ihre Widerstandskraft gegenüber verschiedenen Desinfektionsmitteln machte und die Milzbrandbakterien bei der Erforschung anderer pathogener Bakterien als Vergleichsobjekte für die verschiedenen Desinfektionsmittel einführte. Da indessen die Widerstandsfähigkeit der Milzbrandbakterien eine ausnahmsweise große ist, werden Vergleichsversuche häufig mit etwas empfindlicheren Krankheitserregern (Staphylokokken, Bacillus pyocyaneus u. dgl.) durchgeführt. Andererseits vergleicht man die Wirkung neuer Mittel gewöhnlich mit der der reinen Karbolsäure, als dem Desinfektionsmittel, das am frühesten praktisch und wissenschaftlich erprobt wurde[2]) und zeitweise die größte Verbreitung hatte. Bei solchen Vergleichen sind jedoch nach v. Behring[3]) folgende Umstände zu beachten, die geeignet sind die Ergebnisse wesentlich zu beeinflussen:

1. die chemische Beschaffenheit des Desinfektionsobjektes,
2. die Bakterienart,
3. die Dauer der Einwirkung des Desinfektionsmittels,
4. die Temperatur, bei der das Mittel einwirkt,
5. die Zahl der abzutötenden Keime.

Für die Erkenntnis der chemischen Grundlagen der Desinfektionswirkung von Stoffen verschiedener Art ist grundlegend eine Arbeit von Krönig und Paul[4]).

Bei der Bekämpfung von schädlichen Insekten können die benutzten Mittel in dreifach verschiedenem Sinne wirken: als Kontaktgifte, Atmungsgifte oder Magengifte. Die Kontaktgifte werden von der Haut aufgenommen; vielfach wirken sie aber rein mechanisch, indem sie die Atmungsorgane verstopfen oder die Benetzbarkeit der durch ein Haarkleid oder Wachsschüppchen geschützten Tiere herbeiführen und dadurch dem Regen oder der kalten Luft Zutritt verschaffen, so daß die Tiere zugrunde gehen (z. B. Seifen). Als Atmungsgifte wirken viele gas- oder dampfförmige Stoffe, als Magengifte Lösungen von Giftstoffen.

Die Bekämpfung von schädlichen höheren Tieren gehört nicht eigentlich in das Gebiet der Desinfektion. Sie wirkt aber bisweilen im gleichen Sinne, indem mit der Vertilgung der als Träger oder Zwischen-

wirte dienenden Tiere die in ihnen lebenden pathogenen Organismen abgetötet werden; so z. B. die Pestbakterien mit den sie beherbergenden Ratten, die Tuberkelbezillen mit den perlsüchtigen Rindern.

Die einzelnen Desinfektionsmittel.

1. Feuer ist ein radikales Mittel zur Vernichtung aller gefahrbringenden Keime. Es wird zur Beseitigung von Krankheitskeimen in wertlosen Gegenständen (altes Stroh, Lumpen, Verbandstoffe) und zum Desinfizieren von Geräten aus widerstandsfähigen Metallen benutzt.
2. Licht. Im zerstreuten Tageslicht und noch mehr im Sonnenlicht werden virulente Bakterien sehr schnell abgetötet. Die langwelligen Lichtstrahlen sind unwirksam, während mit der Verkürzung der Wellenlänge die bakterizide Kraft zunimmt. So benutzt man ultraviolette Strahlen zum Sterilisieren von Trinkwasser; hierbei wird die im Wasser enthaltene Luft ozonisiert und wirkt als Desinfiziens. Getränke, die organische Stoffe gelöst enthalten (Bier, Wein, Milch), können auf diesem Wege nicht sterilisiert werden, da das etwa gebildete Ozon sich mit den organischen Stoffen sofort zersetzt. Aus dem gleichen Grunde gelingt es auch nur, ganz dünne Bakterienkulturen mit ultravioletten Strahlen abzutöten. Die ultravioletten Strahlen werden am besten mit Hilfe von Quecksilber-(Quarzglas- oder Uviol-)lampen erzeugt.

   Röntgen- und besonders Radiumstrahlen haben entwicklungshemmende Wirkungen, sie werden bei pathologischen Wucherungen (Basedow-Krankheit der Schilddrüse, Krebs, Hauttuberkulose) benutzt. Die Anwendung der letzteren erfordert große Vorsicht.
3. Kälte wirkt hervorragend entwicklungshemmend, aber nicht tötend auf Keime aller Art. Paul und Prall verwandten sogar die Temperatur der flüssigen Luft, um an Granaten angetrocknete Staphylokokken für Vergleichszwecke längere Zeit zu konservieren. Trotzdem sind die Abkühlung bis dicht an den Gefrierpunkt für leicht verderbliche Flüssigkeiten wie Milch[5]) und das Gefrierenlassen zur langandauernden Frischhaltung von Fleisch sehr viel benutzte Maßnahmen.
4. Heiße Luft wird zum Sterilisieren von Glas- und Metallgegenständen beim bakteriologischen Arbeiten viel angewendet. Als allgemeines Desinfektionsmittel eignet sich trockene Hitze aber nicht, da man, um sichere Ergebnisse zu erzielen, so hohe Temperaturen (nach R. Koch und G. Wolffhügel 160—170°) anwenden muß, daß darunter die meisten Gebrauchsgegenstände sehr leiden würden.

   Die durch Erwärmen herbeigeführte Austrocknung ist ein von jeher in größtem Maße benutztes Mittel zur Konservierung. Alle vegetativen Krankheits-, Gärungs- und Fäulniserreger gebrauchen als Existenzbedingung Wasser. Schon die Naturvölker haben daher ihre Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände, soweit sie durch ihren Wassergehalt der schnellen Zersetzung ausgesetzt sind, getrocknet (Fleisch, Obst, Felle). Auch das „Räuchern" des Fleisches und der Fische ist neben einer äußerlichen Desinfektion durch die Teerbestandteile eine Konservierung durch Austrocknen. In neuerer Zeit wird das Austrocknen behufs Konservierung wasserreicher Lebens- und Futtermittel in zahlreichen Fabrikbetrieben ausgeführt (Kartoffeln, Schlempe, Pülpe, Trebern, Hefe, Gemüse, Milch)[6]). Eine Vernichtung der Sporen findet bei diesem Verfahren nicht statt.
5. Wasser von 70—80° tötet die vegetativen Formen von Bakterien und Hefen, wenn auch nicht sehr schnell. Es dient zur „Frischhaltung" von Lebensmitteln (Apparate von Weck u. a.) in wasserhaltigem Zustand. Um eine dauernde Konservierung zu erreichen, muß die Erhitzung nach einem Zeitraum wiederholt werden, der so bemessen ist, daß die nicht mit abgetöteten Sporen in die vegetativen Formen haben übergehen können. Ferner benutzt man diese Temperatur zum Pasteurisieren von Getränken wie Wein oder Bier.

   Siedendes Wasser tötet die vegetativen Formen der Bakterien und Hefen sehr rasch ab; auch die Sporen von pathogenen Bakterien werden dadurch ziemlich schnell vernichtet, während die Sporen von manchen Erdbakterien und anderen nicht pathogenen Organismen widerstandsfähiger sind. Kochendes Wasser wird in großem Maßstabe zum Sterilisieren von Instrumenten in der Heilkunde und Bakteriologie angewendet und zum Konservieren von Lebensmitteln aller Art in verlöteten Blechbüchsen.

   Wasserdampf, direkt angewendet, wirkt noch kräftiger, als siedendes Wasser; jedoch muß dafür gesorgt werden, daß er die zu desinfizierenden Gegenstände vollkommen durchdringt. Man benutzt ihn in vielen Desinfektionsapparaten für Gebrauchsgegenstände aller Art, die der Wirkung des Wasserdampfes zu widerstehen vermögen (Kleidungsstücke, Wäsche, Teppiche, Betten, Hadern). Verwendet wird am besten gesättigter Wasserdampf oder Dampf von geringem Überdruck (0,2—1 atm). Stärkerer überhitzter Dampf

hat geringere Desinfektionskraft und nähert sich der Wirkung der trockenen Hitze.

Da heißes Wasser und Dampf eine spezifische Wirkung ausüben, muß man annehmen, daß sie nicht nur vermöge ihrer Temperatur, sondern auch als chemische Mittel wirken. Die Desinfektionskraft vieler chemischer Stoffe wird dadurch, daß man sie zusammen mit Wasserdampf anwendet, sehr erheblich verstärkt. Dabei muß man berücksichtigen, daß der Dampf, der beim Sieden von Lösungen oder Gemischen der Stoffe mit Wasser sich bildet, nicht die gleiche Zusammensetzung wie die flüssigen Mischungen besitzt, sondern zuerst reicher an den Desinfektionsstoffen ist[7]). Dieses Verhalten wird bei vielen Desinfektionsapparaten praktisch ausgenutzt.

Die desinfizierende Kraft der chemischen Mittel beruht entweder darauf, daß sie den Schädlingen die notwendigen Lebensbedingungen verkümmern (Entziehung des Sauerstoffes bei aeroben Bakterien, Luftzuführung bei anaeroben) oder daß sie sie durch Oxydation zerstören (Ozon, Hypochlorite), oder daß sie in gelöstem Zustand in die Zellen der Schädlinge eindringen und mit deren Eiweiß Verbindungen eingehen, die die Lebensfunktionen stören. Die letztere Wirkungsweise ist bei weitem die häufigste. Damit sie zustande kommt, ist es nötig, die Desinfektionsmittel, auch die gasförmigen, in Gegenwart von Wasser anzuwenden, also entweder in Wasser gelöst oder zusammen mit Wasserdampf; nur so vermögen sie in das Innere der Zellen einzudringen. Da es sich hierbei um Diffusionsvorgänge handelt, wird die Desinfektionskraft durch Erwärmung verstärkt.

Nicht in Wasser, sondern in Ölen oder Fetten gelöste Desinfektionsmittel haben eine erheblich verminderte Wirkung; solche, die in wasserfreien Mitteln wie abs. Alkohol oder Glyzerin angewendet werden, wirken erst, nachdem diese Mittel verdunstet oder resorbiert sind, so daß die Desinfektionsstoffe von der natürlichen Feuchtigkeit der Substrate in wäßrige Lösung gebracht werden.

Die Wirkung aller Desinfektionsmittel steigt mit Zunahme der Anwendungstemperatur sehr beträchtlich.[8])

6. Sauerstoff wirkt in Form von Luft tötend auf die anaeroben Bakterien und bei der natürlichen Desinfektion als langsam wirkendes Oxydationsmittel. Reiner Sauerstoff wird als Desinfektionsmittel nicht benutzt.
7. Ozon ist in Gegenwart von Feuchtigkeit ein sehr energisches Desinfiziens. Es wird in großem Maßstabe zum Desinfizieren von Trinkwasser nach dem Verfahren von Siemens & Halske benutzt, z. B. in Wiesbaden; es hat den großen Vorteil, daß das Trinkwasser gleichzeitig mit Sauerstoff imprägniert wird, und daß überschüssiges Ozon sich leicht zersetzt, so daß das Wasser keinen Geruch behält.
8. Chlor ist ein hervorragendes Desinfektionsmittel von ähnlicher Stärke wie Sublimat. Es wird zur Trinkwassersterilisierung benutzt, hat aber den Nachteil, daß ein etwa vorhandener Überschuß die Leitungsröhren stark angreift, und daß der Geruch sehr geringer Spuren noch widerlich ist. Hauptsächlich wird es verwendet in Form der unterchlorigsauren Salze (Chlorkalk, Chlornatron, s. d.). Dabei tritt aber keine chlorierende, sondern eine oxydierende Wirkung zutage.
9. Brom wirkt schwächer desinfizierend, als Chlor und wird in der Praxis nicht angewendet, s. a. 14.
10. Kohlenoxydgas ist ein starkes Gift für alle rotblütigen Tiere; man verwendet es daher zur Bekämpfung der Rattenplage in Räumen, die allseitig dicht verschlossen werden können, besonders in Schiffen. Es wird nicht in reinem Zustand, sondern als Generatorgas angewendet, also gemischt mit Kohlendioxyd und Stickstoff. Kohlendioxyd ist zwar kein eigentliches Gift, macht aber die Luft schon unatembar für Tiere, wenn sie nur wenige Zehntelprozente davon enthält.
11. Schwefeldioxyd hat nicht die starke desinfizierende Wirkung, die man ihm früher zuschrieb. Es wird aber noch viel benutzt zum „Ausschwefeln" von Gefäßen, in denen Nahrungs- und Genußmittel aufbewahrt werden sollen. Entweder entwickelt man das Gas durch Verbrennen von Schwefel oder durch Zersetzung von schwefligsauren Salzen durch verdünnte Mineralsäuren: Natriumbisulfitlösung oder feste Metabisulfite. (Dr. Wilhelmi in Taucha bei Leipzig). Für die Raumdesinfektion hat es den großen Nachteil, daß es selbst und die in Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit daraus entstehende Schwefelsäure alle Gebrauchsgegenstände stark angreift. Auch ist es ein gefährliches Gift für alle grünen Pflanzen. Vorzüglich bewährt hat sich Schwefeldioxyd zur Bekämpfung der Pferderäude. Die Tiere werden bis zum Hals in einen Kasten gesteckt, der luftdicht verschlossen und am Hals gut abgedichtet wird; dann leitet man Schwefeldioxyd ein und läßt es eine halbe Stunde wirken. Die Behandlung wird nach einigen Tagen wiederholt und hilft radikal. Der

Kopf wird mit wäßrigen Räudemitteln (s. unten Neguvon u. a.) behandelt.

12. Formaldehyd (s. d.) hat in Gegenwart von Wasserdampf stark desinfizierende Wirkung. Da er in reinem Zustand nicht haltbar ist, muß er jeweils frisch hergestellt werden. Dazu benutzt man entweder die käufliche, etwa 40%ige wäßrige Lösung (s. Formalin unter Nr. 46), die in besonderen Lampen verdampft wird; auch kann man die beim Vermischen mit Kaliumpermanganat auftretende Oxydationswärme zum Verdampfen des Aldehyds benutzen (vgl. Lockmann u. Cronen, Desinfektion 2 S. 724); oder man zersetzt Paraformaldehyd durch Hitze in dafür konstruierten Apparaten oder durch Vermengen mit Stoffen, die beim Übergießen mit Wasser und der dadurch eingeleiteten Oxydation des Aldehyds viel Wärme entwickeln, wie Bariumsuperoxyd (Autanverfahren von Eichengrün, Bayer & Co. in Leverkusen) oder Kaliumpermanganat (Paraganverfahren von Schering und Perautanverfahren von Bayer & Co.).

Oder man stellt den Formaldehyddampf durch gelinde Oxydation von Holzgeist durch Luftsauerstoff in Gegenwart von schwach glühendem Platin in Desinfektionslampen (Rauchverzehrung) her.

Formaldehyd ist nicht nur ein Bakteriengift, sondern auch ein gutes Mittel gegen Insekten in jedem Entwicklungsstadium. Da es die Luft unatembar macht, kann man die damit desinfizierten Räume erst betreten, nachdem man hinreichende Mengen von Ammoniakgas hineingeblasen hat. Dabei verbinden sich die beiden Stoffe zu dem unschädlichen und fast geruchlosen Hexyamethylentetramin.

13. Blausäure (s. Zyanwasserstoff) ist ein starkes Gift für Tiere aller Art und in jedem Entwicklungszustand. Sie ist zur Schädlingsbekämpfung in den letzten Jahren stark in Aufnahme gekommen. Blausäuredämpfe sind leichter als Luft und haben ein starkes Durchdringungsvermögen. Als sehr schwache Säure wird sie aus ihren löslichen Salzen schon durch Kohlensäure, erst recht durch verdünnte Mineralsäuren in Freiheit gesetzt. Sie brennt mit rötlichblauer Farbe und wird durch ihren bittermandelölartigen Geruch und das kratzende Gefühl, das sie im Schlund erregt, leicht erkannt. Manche Menschen sind jedoch unempfindlich für den Geruch und müssen daher beim Arbeiten mit Blausäure besonders vorsichtig sein. Blausäure ist ein sehr starkes Herzgift, das in Mengen über 0,05 g sowohl beim Einatmen wie vom Magen aus fast sofortigen Tod hervorruft. Bei schwächeren Dosen erfolgt Bewußtlosigkeit; wenn sofort künstliche Atmung und starke Nervenreize, z. B. durch Übergießen mit kaltem Wasser an frischer Luft angewendet wird, verlaufen die Vergiftungsfälle ohne Schaden für die Gesundheit, da die Blausäure im Körper rasch in das unschädliche Oxamid, $C_2O_2N_2H_4$, verwandelt wird. Da die technisch verwendeten blausauren Salze der Alkalimetalle Zyankalium und Zyannatrium, schon mit der verdünnten Salzsäure des Magens die tödliche Dosis Blausäure entwickeln, wirken sie fast ebenso giftig wie die Säure selbst.

Nachdem die tödliche Wirkung der Blausäure auf Insekten, ihre Eier, Raupen, Larven und Puppen erkannt war, sowie, ihre relative Unschädlichkeit für den Pflanzenwuchs, hat zuerst im Jahre 1886 D. W. Coquillet ihre Anwendung zur Bekämpfung der Don José-Schildlaus in den kalifornischen Citruskulturen vorgeschlagen. Im Laufe der Jahre wurde die Methode in der Praxis und in einer Versuchsstation in Withtier Cal. so ausgearbeitet, daß (nach Escherich, „Die angewandte Entomologie in den Verein. Staaten") bereits im Jahre 1909/10 4 Mill. M. für Blausäureräucherungen ausgegeben wurden und das Verfahren auch schon in Spanien, Australien, Japan und Südafrika Eingang gefunden hatte. Man benutzt zerlegbare Zelte von gasdichtem Stoffe, die über den Bäumen oder Baumgruppen aufgeschlagen werden, entwickelt bei Nacht die nötige Menge Blausäure darin, läßt sie eine Stunde lang wirken, öffnet die Zelte, läßt die Blausäure verfliegen und baut die Zelte über der nächsten Baumgruppe auf.

Während des Krieges hat man in Deutschland die Blausäureräucherung in großem Maßstabe zur Bekämpfung von Ungeziefer in Lazarettzügen, Baracken, Kasernen und gegen die Mehlmotte in Mühlen und Speichern anwenden gelernt. Nach den Vorschriften der Gold- und Silberscheideanstalt vorm. Rößler in Frankfurt a. M. entwickelt man 1 Vol% Blausäure in der Luft der möglichst dicht abgeschlossenen Räume, benutzt also für 1 cbm 23 g Zyannatrium, 35 ccm Schwefelsäure (60° Bé) und 92 ccm Wasser; das Wasser wird in einen Tonkrug gegossen, die Schwefelsäure unter Umrühren hinzugegeben und in die noch heiße Mischung das Zyannatrium, in dünnes Papier gewickelt, auf einmal eingetragen, und dann schnell der Raum verlassen und geschlossen. Einwirkungsdauer 1 bis 2 Stunden. Oder man entwickelt die Blausäure in einem fahrbaren Apparat der

genannten Scheideanstalt, dem „Cyanofumer", und leitet die Dämpfe von außen auf den Fußboden des tiefstgelegenen der zu vergasenden Räume[9]). Zur Bekämpfung des Traubenwicklers (Heu- und Sauerwurm) an den Weinstöcken hat sich nach F. Stellwaag wäßrige Blausäurelösung vorzüglich bewährt.

Die Schädlingsbekämpfung mit Blausäure ist in Deutschland nicht allgemein freigegeben, sondern den betreffenden Militär- und Marinebehörden und dem technischen Ausschuß für Schädlingsbekämpfung des Reichswirtschaftsamtes vorbehalten.[10])

In flüssiger Form oder in Lösung benutzte chemische Mittel:

14. Brom wirkt etwas schwächer desinfizierend als Chlor und ist nur in Gegenwart von reichlich Wasser, also als Bromwasser anwendbar. Für die Benutzung in großem Maßstabe ist Brom zu teuer; in der Chirurgie stören seine starke Reizwirkung und der üble Geruch.

15. Jod wird entweder in Jodkaliumlösung oder in alkoholischer Lösung verwendet. Seine Wirksamkeit ist geringer als die des Broms, aber immer noch beträchtlich. Eine 0,05—0,01%ige Lösung von Jod in Jodkalium ist fast geruchlos und kaum ätzend. In der Chirurgie wird aber meist 10%ige alkoholische Jodtinktur benutzt, obgleich ihre Wirkung erheblich weniger sicher ist, und erst nach dem Verdunsten des Alkohols infolge der durch die Körperfeuchtigkeit in Lösung gebrachten sehr geringen Mengen Jod zustande kommt.

16. Quecksilber dient, mit Fett verrieben, als graue Salbe, Unguentum cinereum und neapolitanum, als Mittel gegen Hautkrankheiten, Filzläuse und Syphilis. An ihrer Stelle benutzt man in neuerer Zeit auch kolloides Quecksilber, Hyrgol, das aus Lösungen von Quecksilberoxydnitrat durch Zinnoxydulnitrat als braune Lösung entsteht.

17. Alkalien und andere alkalische Mittel. Schwach alkalische Flüssigkeiten haben keine desinfizierende Wirkung, da die meisten pathogenen Mikroorganismen am besten auf schwach alkalischen Nährböden zu vegetieren vermögen. Eine hohe Konzentration von Hydroxylionen wirkt aber energisch desinfizierend, ebenso wie die hohe Konzentration der Wasserstoffionen der Mineralsäuren. Daneben tritt bei vielen chemischen Stoffen noch eine besondere Giftwirkung zutage.

18. Natronlauge von mindestens 10% tötet virulente Bakterien in kurzer Zeit, in längerer auch die Sporen. Sie wurde von Fromme[11]) zur Desinfektion des Kots von Typhus- u. dgl. Kranken empfohlen, da sie gut in die Ballen eindringt.

19. Kalilauge und Lithiumhydroxyd wirken bei entsprechender Konzentration ähnlich, sind aber für den Massenverbrauch zu teuer. Auch Ammoniak ist zu kostspielig und wirkt zudem vermöge der viel geringeren Hydroxylionenkonzentration erheblich schwächer. Das Gleiche gilt auch für Soda.

20. Kalk. Gebrannter und gelöschter Kalk sind Desinfektionsmittel, die schon seit längerer Zeit ausgebreitete Benutzung gefunden haben; besonders zur Vernichtung von Menschen- und Tierleichen bei Epidemien.

Der gebrannte Kalk wirkt nur nach der Aufnahme von Wasser als Kalziumhydroxyd, also bei wasserhaltigen Objekten.

In den amtlichen Desinfektionsvorschriften wird empfohlen, frisch gebrannten Kalk mit vier Teilen Wasser zu lösen. Die jedesmal frisch bereitete Kalkmilch ist vor dem Gebrauch gut umzurühren. Auf 1 T. Fäkalien nimmt man 1 T. Kalkmilch; die Wirkung ist in etwa 1 Stunde erreicht. Kalkmilch dient auch zum Begießen beschmutzter Fußböden, zum Tünchen der Wände und Spülen von Abtrittsleitungen; Kalkbrei zum Kalken der Stämme von Obstbäumen, um die überwinternden Schädlinge zu töten[12]).

21. Seifen. Auch die Seifen sind schon seit langer Zeit als Desinfektionsmittel in Gebrauch. Nach Reichenbach[13]) wirken die Alkalisalze der gesättigten Fettsäuren erheblich besser, als die der ungesättigten Säuren. Die Lösungen der ersteren sind in viel stärkerem Maße hydrolytisch gespalten und haben daher eine höhere Hydroxylionenkonzentration. Sind aber freie Alkalien zugegen, so haben auch die Salze der ungesättigten Säuren eine sehr gute Desinfektionswirkung. Dies trifft für die meisten Schmierseifen zu. Immerhin muß man Wäsche 24 Stunden in der Seifenlösung liegen lassen, um eine sichere Wirkung zu erzielen.

Seifenspiritus, Spiritus saponatus, ist eine alkoholische Lösung von Schmierseife. Bei seiner Benutzung zur Händedesinfektion wird durch den Alkohol ein tieferes Eindringen der Seife in die Poren der Haut erreicht und ihre Wirkung wird durch die des Alkohols (s. 83) erhöht.

Harzseifen sind in wäßriger Lösung weitgehend hydrolytisch gespalten und haben daher gute Desinfektionswirkung.

Bei den medizinischen Seifen dienen die Seifen dazu, um die betreffenden wirksamen Stoffe in Lösung zu bringen,

zugleich erhöhen die Seifen die Benetzungsfähigkeit. Bei der Herstellung und Benutzung müssen aber die chemischen Eigenschaften sorgfältig berücksichtigt werden, damit sich keine unlöslichen und daher wirkungslosen Ausscheidungen bilden.

Bei der Bekämpfung der schädlichen Insekten wirken die Seifen gleichfalls in erster Linie dadurch, daß sie die Benetzungsfähigkeit der mit einem Haarkleid oder einem Wachsüberzug geschützten Insekten bewirken. Sie dienen also als sog. Kontaktgifte.

22. Schwefelleber entsteht beim Verschmelzen von Schwefel mit Pottasche bei 250° und enthält wesentlich Kaliumpentasulfid und Kaliumthiosulfat. Ein entsprechendes Gemisch von Natriumverbindungen wird mit Soda gewonnen. Die wäßrigen Lösungen werden als Mittel gegen Spinnmilben, Stachelbeer- und Rosenmeltau verwendet; am besten setzt man 2—3% Seife hinzu, um die Benetzungsfähigkeit zu erhöhen.

Schwefelkalkbrühe; kalifornische Brühe, durch Kochen von Schwefel mit Kalkmilch gewonnen, enthält gleichfalls Polysulfide und Thiosulfat. Sie bildet eine orangerote Lösung und wurde zuerst in Amerika zur Bekämpfung der San José-Schildlaus angewandt. Jetzt wird sie auch vielfach in Deutschland als Ersatz für Karbolineum (s. 52) benutzt.

23. Zinkoxyd, Flores Zinki, Nihil album, Augennichts, dient zur Herstellung von milde desinfizierenden Salben, besonders in der Augenheilkunde.

Die Säuren wirken teils infolge ihrer elektrolytischen Spaltung durch die dabei entstehenden Wasserstoffionen (vgl. Paul und Krönig[4])), teils haben sie eine spezifische Giftwirkung für pathogene Mikroorganismen und andere Schädlinge.

24. Schwefelsäure und Salzsäure wirken noch in starker Verdünnung rasch tötend auf virulente Bakterien; gegen Sporen sind sie viel weniger wirksam. Zur Desinfektion von Fäkalien eignet sich Schwefelsäure nach Fromme wenig, da sie nicht tief in die Ballen eindringt. Salzsäure mit Kochsalz gemischt benutzt man zum Desinfizieren von Häuten, die von milzbrandkranken Tieren stammen[14]).

25. Fluorwasserstoff, Flußsäure, ist nach Paul und Krönig[4]) die am stärksten auf Sporen wirkende Säure. Sie ist von Effront in den Gärungsgeweben zur Bekämpfung von Bakterien und wilden Hefen eingeführt worden.

An Stelle der freien Flußsäure benutzt man auch die Lösung des sauren Natriumfluorids, $NaHF_2$. Aus diesem Salz erhält man durch Umsetzung mit Chlorzink Fluorzinklauge, in der basisches Fluorzink, $ZnOF_2$, neben saurem Natriumfluorid und freier Flußsäure enthalten ist. Diese Lösung hat nach B. Malenković[15]) eine holzkonservierende Wirkung, die die des Kupfervitriols oder Chlorzinks erheblich übertrifft. Wird zum Imprägnieren von Telegraphenstangen und Grubenhölzern in großem Maßstabe benutzt; häufig zusammen mit 11% Dinitrophenolanilin als „Basilit" (s. 50a).

Neuerdings wird auch die Fluorsulfonsäure und besonders ihr Zinksalz zum Konservieren poröser Stoffe empfohlen; DRP. 299761 der Grubenholzimprägnierung GmbH., Berlin W 35.

26. Kieselfluorwasserstoff wirkt desinfizierend als starke Säure; zugleich hat er als Fluorverbindung spezifische Giftwirkung, die sich auch bei seinen Salzen, z. B. dem Kieselfluornatrium, zeigt. Er wirkt stark gärungshemmend, dient zum Konservieren von Dextrin und besonders von Hölzern, Tapeten und Mauerwerk, die von Holzschwamm und Schimmelpilzen befallen sind. Im Handel als Montanin und Siflural.

27. Borsäure dient als Konservierungsmittel für Lebensmittel, besonders in Nordamerika. Ihre Benutzung in großem Maßstabe ist nicht unbedenklich, da sie, in größeren Mengen genossen, gesundheitsschädliche Wirkung hat. Ferner wird sie in wäßriger Lösung, als Borwasser, als gelindes Desinfektionsmittel benutzt.

28. Ameisensäure wird in neuerer Zeit billig aus Ätznatron und Kohlenoxydgas hergestellt. Sie hat neben der desinfektorischen Wirkung, die ihr als einer ziemlich starken Säure innewohnt, auch als Aldehyd eine Giftwirkung für Mikroorganismen. Sie dient daher zum Konservieren von Fruchtsäften, in der Spiritusindustrie zum Ansäuern der Hefemaischen und in der Gerberei zum Verhüten des Faulens der Felle.

29. Oxalsäure ist eine sehr starke Säure mit spezifischer Giftwirkung. Ihre sporentötende Kraft ist nach H. Schneider stärker als die der Schwefelsäure. Da die Oxalsäure jetzt aus ameisensaurem Natrium billig bereitet werden kann, wird sie in steigendem Maße als Desinfektionsmittel für sich und zusammen mit Phenolen und Formaldehyd benutzt.

30. Der Essigsäure kommt nur eine verhältnismäßig geringe Desinfektionswirkung zu. Sie dient zum Konservieren von Früchten.

Mono- und Trichloressigsäure haben als stärkere Säuren auch stärkere bakterizide Eigenschaften. Benutzt wird nur

die letztere als Ätzmittel in der kleinen Chirurgie.

31. Benzoesäure wird in der Medizin nur wenig, dagegen neuerdings in großen Mengen als Konservierungsmittel für Fleisch, eingemachte Früchte u. dgl. benutzt.

32. Arsenige Säure, Arsentrioxyd, s. d., wird seit 1871 in Nordamerika zur Schädlingsbekämpfung in Gärtnereien und beim Tabaksbau verwendet. Gegenwärtig wendet man hauptsächlich Schweinfurtergrün (s. 35a) und Arsensaures Blei (35b) an.

33. Salpetersäure und die Salpeter: Kalium- und Natriumnitrat.

Salpetersäure hat als stark dissoziierte Säure eine sehr beträchtliche Desinfektionswirkung, ist aber für den Massenverbrauch zu teuer. Die ihr gleichzeitig innewohnende Oxydationswirkung wird zwar nicht durch Anwendung der freien Säure, wohl aber durch die des Kalium- und Natriumnitrats als Konservierungsmittel beim Einpökeln des Fleisches ausgenutzt. Wegen Silbernitrat s. 71.

Oxydationsmittel: Alle chemischen Stoffe, die leicht Sauerstoff abgeben, wirken zerstörend auf organische Substanzen und können daher zur Abtötung schädlicher Mikroorganismen dienen.

34. Wasserstoffsuperoxyd, Hydroperoxyd, Hydrogenium oxydatum ist im Handel als etwa 3%iges, offizinelles Präparat, das zur Hintanhaltung der Selbstzersetzung immer geringe Mengen freier Säure enthält, und in 30%iger Lösung als Perhydrol. Organische und anorganische Fermente spalten aus dem Hydroperoxyd leicht Sauerstoff ab; die Desinfektionswirkung ist, besonders in Gegenwart von etwas freier Säure, die die nutzlose Abspaltung von Sauerstoff verhindert, sehr beträchtlich. Man benutzt es in der Medizin und zur Herstellung von Mundwässern. Auch die Additionsprodukte von Wasserstoffsuperoxyd und organischen Basen wie Azetanilid, Phenazetin und Harnstoff haben große Beständigkeit; feste Präparate aus Wasserstoffsuperoxyd und Harnstoff werden als Perhydrol und Ortizon in den Handel gebracht und zum Gurgeln benutzt.

35. Natriumsuperoxyd dient zur Reinigung von Trinkwasser und Luft.

36. Bariumsuperoxyd wird zur Umwandlung von Paraformaldehyd in gasförmigen Formaldehyd (s. 48) bei der Autandesinfektion benutzt.

37. Natriumperborat, $BO_3Na.4H_2O$ und Perborax, $B_4O_8Na_2.10H_2O$, enthalten einen Teil ihres Sauerstoffs in ähnlich lockerer Bindung wie Hydroperoxyd, sind aber beständiger als dieses. Die Perborate haben zugleich die konservierenden Eigenschaften der Borsäure. Sie werden aus Natrium- oder Wasserstoffsuperoxyd und Borax hergestellt und zur Bereitung von Tabletten oder Lösungen für die Mundpflege benutzt (Pergenol).

38. Natriumperkarbonate werden entweder aus Natriumsuperoxyd durch Einwirkung von Kohlendioxyd (Bauer, DRP. 145746, E. Merck, DRP. 188569) oder durch Elektrolyse von Sodalösung bei unter —10° (Constam & Hansen, 1897) gewonnen. Das saure Perkarbonat von Merck, $4Na_2CO_4.H_2CO_3$, findet als Medikament und als Desinfiziens Anwendung.

39. Magnesiumsuperoxyd, MgO_2, durch Umsetzung von Magnesiumsulfat mit Natriumsuperoxyd, oder aus Magnesiumoxyd und Wasserstoffsuperoxyd (E. Merck DRP. 171372), oder elektrolytisch aus Magnesiumchlorid (Hinz, DRP. 151129) hergestellt, ist ein weißes amorphes Pulver, das mit Wasser leicht Sauerstoff abgibt. Es wird innerlich und äußerlich in der Therapie benutzt, bei Wunden und Hautkrankheiten auch in Salbenform: Magnesiumperhydrol von Merck, Hopogan von Kirchhoff & Neirath, Novozon von Hinz.

40. Kalziumsuperoxyd, CaO_2, aus Kalziumverbindungen durch andere Superoxyde in Form eines kristallwasserhaltigen weißen bis gelben Pulvers gewonnen wird von der Firma F. v. Heyden Nachf. als Darmantiseptikum unter dem Namen Gorit geliefert.

41. Zinksuperoxyd, ZnO_2; durch Fällen von Zinksalzsäuren mit Alkaliperoxyden oder nach E. Merck, DRP. 171372, aus Zinkoxyd und chemisch reinem Wasserstoffsuperoxyd gewonnen, bildet ein weißes bis gelbliches, zartes Pulver, das 50—60% wirkliches ZnO_2 enthält. Als Zinkperhydrol (Merck) oder Ektogan (Kirchhoff & Neirath) wird es als Antiseptikum bei der Wundbehandlung, als Streupulver oder in Salbenform benutzt.

42. Unterchlorige Säure, ClOH, ist eins der stärksten Desinfektionsmittel, das wir kennen. In der Praxis wird sie stets in Form ihrer Salze, besonders als Chlorkalk und Natriumhypochlorit benutzt. Weil diese aber die energischste Wirkung in Gegenwart von Säuren haben — verd. Schwefelsäure, saure Salze, es genügt auch schon die Kohlensäure der Luft — so ist die unterchlorige Säure selbst das eigentliche Desinfiziens. Da sie sehr zersetzlich ist, enthalten die Handelspräparate immer einen Überschuß an alkalisch reagierenden Bestandteilen.

43. Natriumhypochlorit, s. d., ist im

Handel als 20%ige und 25%ige Hypochloritlauge (Griesheim-Elektron) mit 110 und 150 g wirksamem Chlor im Liter, ferner als Antiformin (DRP. 207258) mit 35 g Chlor (Untersuchungen von H. Schneider). Die Wirkung der Hypochloritlauge gegen Bacillus pyocyaneus ist 50mal so stark wie die der Karbolsäure. Ähnlich günstig ist die Einwirkung auf Staphylokokken, Typhus- und Cholerakeime. Antiformin, das stärker alkalisch ist, hat eine geringere Desinfektionswirkung und eignet sich nach Fromme[16]) nicht zur Kotdesinfektion, ferner nach Grimm[17]) nicht zur Sterilisation von Abwässern.

Bei der Benutzung zur Sterilisation von Trinkwasser muß der Überschuß an Natriumhypochlorit durch Natriumthiosulfat, Natriumsulfit oder besser nach Th. Goldschmidt durch Überrieseln über Zinnspäne oder zinnhaltiges Eisen beseitigt werden.

44. Kaliumhypochlorit wird des höheren Preises wegen in der Praxis nicht benutzt. das Handelsprodukt Eau de Javelle ist nicht das Kalium-, sondern das Natriumsalz und müßte daher Eau de Labarraque genannt werden.

45. Chlorkalk, unterchlorigsaures Kalzium, Kalziumhypochlorit, s. d., wird in größtem Maßstabe zur Desinfektion benutzt. Die gewöhnliche Handelsware enthält, frisch bereitet, 35 bis zu 40% wirksames Chlor, verliert aber stark beim Lagern, besonders in der Wärme nach Opl[18]). Seit 1906 bringt Griesheim- Elektron fast reines und sehr haltbares Kalziumhypochlorit mit 80 bis 90% wirksamem Chlor, ferner basisches Hypochlorit und haltbare konz. Hypochloritlauge in den Handel (DRP. 188524, 195896). Zur Desinfektion wird Chlorkalk in festem Zustand als Streupulver, meist aber in wäßriger Lösung (1 : 5) benutzt; dabei muß man berücksichtigen, daß das wirksame Chlor nicht nur pathogene Mikroorganismen, sondern auch organische Stoffe aller Art zerstört und dadurch unwirksam wird. Bei der Desinfektion von Abortgruben muß durch Umrühren für eine gute Durchdringung der Kotballen gesorgt werden. Bei Typhus, Cholera und anderen Darmkrankheiten benutzt man zur Stuhldesinfektion 4 Eßlöffel voll Chlorkalk auf 1 L Fäkalien. Bei der Verwendung zur Trinkwasserdesinfektion muß ein Überschuß von Chlorkalk ebenso beseitigt werden wie bei Natriumhypochlorit.

46. Kalium- und Natriumchlorat haben nach F. Schneider weder desinfizierende noch nennenswerte antiseptische Eigenschaften. Sie werden aber in beträchtlichen Mengen zum Gurgeln und zur Herstellung von Zahnpasten (Kalichlora, Pebeco u. v. a.) verwendet. Dabei muß man jedoch verhüten, daß größere Mengen der Chlorate in den Magen kommen, denn die Chlorate sind ziemlich giftig.

47. Mallebrein ist eine wäßrige 25%ige Lösung von Aluminiumchlorat, die von Mallebrein in Karlsruhe eingeführt und als Mittel bei zahlreichen inneren und äußerlichen Krankheiten empfohlen wurde; auch zum Gurgeln und als Prophylaktikum. Da das technische Präparat immer freie Salzsäure und Schwefelsäure enthält, ist seine Anwendung beim Menschen nach Kobert[19]) nicht unbedenklich.

48. Kaliumpermanganat, übermangansaures Kalium, ist ebenso wie das entsprechende Natrium- und Kalziumsalz ein ausgezeichnetes Antiseptikum, das nach Krönig und Paul Milzbrandsporen in 40 Minuten abtötet, wenn es in 1%iger Lösung benutzt wird. Als Mundpflegemittel verwendet man es in 4%iger Lösung; ebenso zum Desinfizieren von Wäsche, wobei das sich bildende Mangansuperoxyd mit schwefliger Säure entfernt wird. Für die Anwendung im großen sind die Permanganate zu teuer. Die Wirkung wird durch Ansäuern der Lösung erhöht.

49. Natrium- und Kaliumbichromat haben nur geringe Desinfektionswirkung; stärker ist die der freien Chromsäure. Ihrer Anwendung stehen hoher Preis und starke Giftigkeit der Chromsäure und ihrer Salze entgegen.

50. Quecksilberoxyd ist ein mildes Antiseptikum, das in Salbenform in der Augenheilkunde Verwendung findet.

51. Chlornatrium, Kochsalz, hat keine desinfizierende Wirkung. Es wird aber als Konservierungsmittel seit alter Zeit und in größtem Maßstabe benutzt. Beim Einsalzen von Fleisch, Fischen, Früchten, Gemüse, ferner von Häuten u. dgl. wirkt das Kochsalz in erster Linie wasserentziehend, so daß in den wasserarmen und von Salzlake durchtränkten Substraten keine fäulnis- oder krankheiterregenden Mikroorganismen sich entwickeln können; die Vegetation von vielen unschädlichen Bakterien, wie z. B. die der Buttersäure, wird durch die Anwesenheit von Kochsalz nicht behindert.

Ähnlich verhalten sich die anderen Neutralsalze der Alkalien; sie finden jedoch keine praktische Anwendung als Konservierungsmittel.

52. Aluminiumazetat, essigsaure Tonerde, wird an Stelle des früher häufig verwendeten Kalialauns in wäßriger Lösung als mildes Desinfiziens und Adstringens benutzt.

Seine desinfizierende Wirkung ist nicht sehr groß. Ein unlösliches basisch essigsaures Aluminium wurde von R. Reis durch Erhitzen der Lösung unter Druck gewonnen (DRP. 160348). Es ist als Lenizet im Handel und hat zugleich adstringierende und austrocknende Wirkung.

53. Eisenchlorid hat nicht unbeträchtliche Desinfektionswirkung. Die des vielfach benutzten Eisenvitriols ist geringer. Man wendet ihn zur Grubendesinfektion, 2 kg in 6 L Wasser gelöst für 1 cbm Grubenraum, an; er wirkt gut und andauernd desodorierend.

54. Kupfersulfat, Kupfervitriol und die anderen löslichen Kupfersalze haben nach Green[20]) beträchtliche Desinfektionskraft. Kupfervitriol verhindert in Lösung 1:133 die Entwicklung von Keimen. Für die Desinfektion von Abortgruben ist er gut geeignet, des hohen Preises wegen wird er aber kaum dazu benutzt.

Schon den äußerst geringen Spuren metallischen Kupfers, die sich in Wasser lösen, kommt eine stark pilztötende Wirkung zu, entsprechend größere den löslichen Kupferverbindungen. Man hat daher früher das Kupfersulfat viel zur Konservierung von Eisenbahnschwellen, Telegraphenpfählen u. dgl. benutzt, bis man ebenso wirksame und billigere Mittel fand.

Zum Beizen des Saatgutes gegen Steinbrand und andere Pilzkrankheiten ist Kupfervitriol schon im Jahre 1807 von Prevost und besonders 1850 von Kühn in Halle empfohlen worden. Da jedoch die Keimkraft des Getreides dadurch beeinträchtigt wird, benutzt man in neuerer Zeit andere Mittel wie Formalin oder Teerpräparate oder Chlorphenolquecksilber (Uspulun s. 70).

Die direkte Benutzung von Kupfervitriol gegen Pilzkrankheiten lebender Pflanzen verbietet sich infolge der Ätzwirkung und der leichten Abwaschbarkeit des Salzes durch den Regen. Man verwendet daher Kupferkalk- und Kupfernatronbrühen (Bordelaiser Brühe, Eau céleste), die als Suspension von basischen Salzen und Kupferhydroxyd durch Fällen mit Kalkmilch oder Sodalösungen entstehen. Besonders beim Weinbau und in der Gärtnerei werden sie viel angewandt. Die Kohlensäure der Luft bewirkt, daß andauernd Spuren von Kupfer sich lösen und die schädlichen Pilze abtöten. Da die Giftwirkung des Kupfers für höhere Tiere und Menschen (letale Dosis 10 g Kupfervitriol) nur gering ist, ist eine Schädigung der Gesundheit durch den Genuß des Weines oder der mit diesen Mitteln behandelten Gemüse nicht zu befürchten.

55. Schweinfurtergrün wird besonders in Amerika zur Bekämpfung von Schädlingen der Tabakspflanzen und Weinreben nach Tausenden von Tons benutzt. Zu dem gleichen Zweck verwendet man:

56. Uraniagrün, mit 47,7% As und 30,3% CuO, der Chem. Fabrik Schweinfurt, DRP. 251752) und

57. Bleiarsenat, Arsensaures Blei mit 9,4% As und 33,8% Pb, das als Zabuton (DRW. 209075) von O. Hinsberg in Nackenheim a. Rh. in den Handel gebracht wird.

Diese Arsen, Kupfer und Blei enthaltenden Mittel sind spezifische Magengifte für Raupen und Larven des Frostspanners, Goldafters, Ringelspinners, Schmalbauchs, Maikäfers, Heu- und Sauerwurms, der Obstmade, Gespinstmotte, Stachelbeerblattwespen u. v. a.

58. Zinkchlorid, Chlorzink, hat stark antiseptische und pilztötende Wirkung. Es wird zum Imprägnieren von Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen und anderen Pfosten benutzt. Dabei tritt außer den genannten noch die Eigenschaft zutage, daß das Chlorzink den Zellstoff des Holzes zu einer kleisterähnlichen Masse (Amyloid) aufquillt, so daß beim Eintrocknen eine luftundurchlässige Schicht den Kern des Holzes umgibt und vor dem Angriff der Pilze schützt.

59. Zinksulfat, Zinkvitriol, wird als mildes Antiseptikum in der Medizin benutzt.

Im Magen wirken die löslichen Zinkverbindungen brechenerregend.

60. Quecksilber und seine Verbindungen haben stark keimtötende Wirkung, mit zunehmender Löslichkeit zeigen sie aber auch gleichzeitig erhebliche Giftwirkung.

Metallisches Quecksilber, s. 16. Trotz seiner geringen Dampfspannung (bei 0° 0,0002 mm, bei 100° 0,3 mm) wirken die Dämpfe stark giftig; es muß das beim Arbeiten mit dem Metall (Amalgamspiegel!) berücksichtigt werden; praktischen Gebrauch macht man davon bei Konservierung von Insektensammlungen, indem man einen Tropfen Quecksilber in die Kästen gibt.

61. Quecksilberchlorür, Kalomel, ist in Wasser, verdünnten Säuren und in der Darmflüssigkeit fast unlöslich und dient als mildes Darmdesinfiziens.

62. Quecksilberchlorid, Sublimat, Ätzsublimat, löslich in 16 T. Wasser, in 3 T. Alkohol und 4 T. Äther, ist als Konservierungsmittel für Hölzer, die der Bodenfeuchtigkeit ausgesetzt sind, bereits vor 100 Jahren durch Kyan empfohlen worden: „Kyanisieren". Gegenwärtig

wird diese an sich vorzügliche Methode nur noch wenig benutzt, weil sie zu teuer ist.

Dagegen ist das Sublimat nach wie vor eins der wichtigsten Desinfektionsmittel in der ärztlichen Praxis. Wenn auch seine keimtötende Wirkung nicht so groß ist, wie man nach den Arbeiten von Rob. Koch und Paul u. Krönig annehmen sollte, sondern von Ottolenghi sowie Croner u. Naumann nachgewiesen wurde, daß seine Wirkung zum großen Teil auf Entwicklungshemmung beruht, so gehört es doch zu den wirksamsten und am meisten benutzten Mitteln. Es wird gewöhnlich in Lösungen von 1‰ oder 2‰ benutzt, und die Lösung wird, um Verwechslungen zu vermeiden, mit Eosin rot gefärbt.

Die Wirkung des Sublimats wird dadurch beeinträchtigt, daß es mit Lösungen von Eiweiß unlösliche Niederschläge gibt, die keine desinfektorische Kraft haben. Durch Vermehrung der Chlorionen in der Flüssigkeit werden diese Niederschläge gelöst, und die Wirksamkeit des Sublimats tritt wieder zutage. Man benutzt es daher gewöhnlich unter Zusatz von Chlornatrium, wenn auch Paul u. Krönig nachgewiesen haben, daß dadurch die Desinfektionswirkung bei reinen Bakterienaufschwemmungen zurückgeht. Die zur schnellen Bereitung von Sublimatlösungen dienenden Pastillen bestehen je zur Hälfte aus Sublimat und aus Kochsalz unter Zusatz von etwas Eosin. Als Gegengift bei innerlichen Sublimatvergiftungen benutzt man Eiweißlösungen. Bei häufiger Benutzung zu Waschungen und Spülungen treten bei manchen Menschen Sublimatekzeme auf. Mit vielen Metallen setzt sich Sublimat so um, daß freies Quecksilber und Metallchloride entstehen; metallene Instrumente werden also von den Lösungen angegriffen.

Es sind daher zahlreiche Quecksilberverbindungen empfohlen, die diese leichte Zersetzlichkeit nicht zeigen und trotzdem stark desinfizierend wirken. Hierzu gehören die von M. Emmel patentierten, durch Alkalihydrate oder Karbonate alkalisierten Lösungen von

63. Quecksilberzyanid, $Hg(CN)_2$, farblose leicht lösliche Kristalle; ferner:

64. Quecksilberoxyzyanid, $Hg(HgO)(CN)_2$, schwerlösliches farbloses Pulver, das aus Quecksilberzyanid beim Kochen mit Quecksilberoxyd oder aus Quecksilberchlorid, Quecksilberzyanid und Ätzalkalien erhalten wird. Dient auch als Desinfiziens in der Augenheilkunde (E. Merck in Darmstadt und Fa. Pilvering).

65. p-Phenolsulfosaures Quecksilber wird als Astirol von Hoffmann, Laroche & Co. in Basel als ein Quecksilbermittel in den Handel gebracht, das relativ ungiftig ist, Eiweiß nicht fällt und die Instrumente nicht angreift; es wird in 0,5%iger Lösung zur Händedesinfektion empfohlen.

66. Quecksilberarsenit, ein weißes in Wasser schwer lösliches Pulver, fabriziert die gleiche Firma.

67. Sublamin, $HgSO_4.C_2H_3(NH_2)_2.H_2O$, aus Quecksilbersulfat und Äthylendiamin erhalten, reagiert schwach alkalisch und wird von der Chem. Fabrik a. A. vorm. Schering als Sublimatersatz in Pastillenform hergestellt. Ähnliche Verbindungen werden mit Hilfe von Hexamethylentetramin bereitet.

68. Zahlreiche Salze und komplexe Verbindungen des Quecksilbers mit organischen Substanzen dienen als Mittel gegen Lues[21]). Andere dienen als nicht ätzende Desinfektionsmittel.

Auf die Bedeutsamkeit der Quecksilbersubstitutionsprodukte der aromatischen Verbindungen für die Desinfektion haben zuerst W. Schrauth und W. Schoeller im Jahre 1909 hingewiesen. Hierzu gehören:

69. Afridol, oxymerkuri-o-toluylsaures Natrium, $HgOH.C_6H_3.(CH_3).CO_2Na$, das von den Farbenfabriken vorm. Bayer & Co. in den Handel gebracht wird. Es wird entweder als solches benutzt oder als Afridolseife mit 4% Afridol. Diese dient an Stelle von Sublimat zur Händedesinfektion und als Mittel gegen Hautkrankheiten.

70. Uspulun, Oxyquecksilberchlorphenol $C_6H_3Cl(HgOH).OH$, ist ein in Wasser unlösliches weißes Pulver, das aber von Ätzalkalien leicht zu wasserlöslichen Salzen aufgelöst wird (Bayer & Co. in Leverkusen). Es dient als ausgezeichnete Saatbeize zur Bekämpfung der den Körnern äußerlich anhaftenden schädlichen Pilzkeime aller Art. Dabei wirkt es nicht schädigend auf die Keimfähigkeit, befördert vielmehr die Triebkraft.

71. Silbernitrat, Höllenstein, ist von den Silbersalzen das am längsten benutzte Desinfektionsmittel und auch das wirksamste. Eine 4%ige Lösung vernichtet in 60 Minuten Sporen aller Art. Von anderen Silbersalzen kommen ihm nur noch die der Chlorsäure und der Perchlorsäure in der Wirkung nahe. Als Ätz- und Desinfektionsmittel in der Chirurgie wird es viel angewandt. Seine Verwendung ist aber dadurch beschränkt, daß es wie die meisten anderen Silbersalze mit Eiweißlösungen Fällungen gibt, so daß nur der ungebundene Überschuß volle Desinfek-

tionswirkung auszuüben vermag. Auch ist, abgesehen von dem hohen Preise, die durch das sich abscheidende Silber bewirkte Schwarzfärbung der Verwendung häufig hinderlich.

Eiweißlösungen werden nicht gefällt von folgenden als Desinfektionsmittel benutzten Silberverbindungen:

72. Silberfluorid, AgF, im Handel als Tachiol. Farblose mit Wasser zerfließende Kristalle; hat ähnliche bakterizide Wirkung wie das Nitrat.

73. Argentamin, Äthylendiaminsilberphosphat oder -nitrat. Farblose alkalisch reagierende Flüssigkeit, die aus Silberphosphat oder -nitrat durch Auflösen in wäßrigem Äthylendiamin bereitet wird (Schering DRP. 74637). Vermag sogar Eiter aufzulösen. Wird durch Kochsalzlösung nicht gefällt. Dient als Mittel gegen Gonorrhöe. Desinfektionskraft gleich der des Silbernitrats.

74. Silbereiweißpräparate enthalten organische Silbersalze oder kolloides Silber, das an Eiweißspaltungsprodukte lose gebunden ist, die als Schutzkolloide dienen und die Ausfällung des Silbers durch Eiweißlösungen verhindern. Sie werden als nichtätzende Desinfektionsmittel bei Blennorrhöe und Gonorrhöe benutzt. Hierzu gehören:

75. Argonin, Silber-Kasein, aus Kaseinnatrium mit Silbernitrat bereitet. Hellgelbes, in heißem Wasser leicht lösliches Pulver (Höchst DRP. 89251).

76. Albargin aus Silbernitrat durch Gelatose, einem Spaltungsprodukt der Gelatine, mit 15% und Omorol mit 10% Silber.

77. Sophol, aus einer Formaldehydverbindung der Nukleinsäure der Hefe mit salpetersaurem Silber und nachträglichem Zusatz von Kochsalzlösung erhalten.

78. Protargol (Bayer & Co.) aus Albumose-Natrium und Silbernitrat, schwarzbraune, in Wasser lösliche Paste mit 8% Silber. Ähnlich ist Argentum proteinicum Heyden.

Genauere Untersuchungen der Wirksamkeit dieser Präparate sind von Gros[22]) angestellt.

79. Kohlenwasserstoffe der aliphatischen Reihe werden zur Bekämpfung der Mückenplage benutzt, indem man zur Abtötung der Mückenlarven auf die Gewässer, in denen diese leben, Petroleum gießt. Gegenüber pathogenen Keimen haben die Kohlenwasserstoffe eine stark entwicklungshemmende Kraft.

80. Jodoform ist ein trotz seines durchdringenden Geruchs viel gebrauchtes Antiseptikum. Seine bakterientötende Kraft ist gering, es verhindert aber das Wachstum der Keime und spaltet unter dem Einfluß der Wundflüssigkeiten bakterizide Substanzen ab.

81. Chloroform hat keine sporentötende Wirkung, tötet aber in Gegenwart von Wasser die meisten Bakterienarten schnell.

82. Tetrachlorkohlenstoff dient als Mittel zur Vernichtung von tieflebenden Schädlingen im Boden, z. B. von Reblaus. Seine abtötende Kraft gegenüber Fäulnis oder Krankheit erregenden Bakterien ist nach Versuchen Boillat und von H. Schneidergering; ebenso die der Halogenderivate der ungesättigten Kohlenwasserstoffe.

83. Alkohol hat in wasserfreiem Zustand keine Desinfektionswirkung. Am stärksten wirkt 50%iger Alkohol, der zwar auch keine Sporen, wohl aber virulente Bakterien rasch abtötet. Da Alkohol Lösungen von Eiweiß fällt, kann er nur in Abwesenheit von Eiweiß als Desinfektionsmittel benutzt werden. Die Wirksamkeit mancher Desinfektionsmittel, wie Phenol, wird durch Alkohol geschwächt, während er die anderer, wie Sublimat, Sublamin, Thymol, Lysol, Lysoform verstärkt.

Alkohol dient als Konservierungsmittel für anatomische Präparate und Lebensmittel. Obgleich er ein Produkt der alkoholischen Gärung der Hefe ist, wird das Wachstum und die Lebensmöglichkeit von Hefe durch Alkohol in höherer Konzentration (über 15%) verhindert.

Über Seifenspiritus s. unter Seifen, 21.

Die anderen Alkohole der Fettreihe, auch die mehrwertigen, wie Glyzerin, haben geringe oder gar keine Desinfektionswirkung.

84. Rohrzucker hat keine Desinfektionswirkung, verhindert aber in höherer Konzentration das Wachstum der Bakterien und Hefen und dient daher als Konservierungsmittel für leicht zersetzliche Nährmittel, besonders für Obst.

Von den Aldehyden ist als Desinfektionsmittel bei weitem der wichtigste der

85. Formaldehyd, über dessen Benutzung in gasförmigem Zustand bereits (unter 11) berichtet wurde. In flüssigem oder festem Zustand ist der monomolekulare Formaldehyd nicht bekannt, da er sich beim Abkühlen der Dämpfe, falls kein Wasser zugegen ist, sofort zu Gemischen von Polymeren kondensiert, die als Paraformaldehyd, Paraform und Trioxymethylen im Handel sind. In Wasser lösen sich die Dämpfe monomolekular und es entsteht das Handelsprodukt Formalin, Forman oder Formol, das als Pharmakopöeware im Liter 400g, im Kilogramm etwa 370 g Aldehyd enthält; daneben 10—15% Methylalkohol, der der auch in

wäßriger Lösung verlaufenden Polymerisation entgegenwirkt.

Paraform hat keine Desinfektionswirkung, wird aber durch Überhitzung depolymerisiert und in das wirksame Gas übergeführt (vgl. 12).

Das Formalin wird zur Raumdesinfektion entweder durch Verdampfen in besonderen Apparaten oder apparatlos durch Vermischen mit Kaliumpermanganat angewandt. Da in letzterem Falle die Handhabung der Formalinlösung für manche Verbraucher unbequem ist, hat man vorgeschlagen, feste Formalinseife (s. u.), das Festoform mit 32% Formaldehyd zu benutzen (Autoformverfahren der Chem. Werke Reiherstieg in Hamburg).

Formalin wird als Konservierungsmittel für anatomische Präparate ausgiebig benutzt. Zur Wund-, Körper- und Sachendesinfektion ist es nicht geeignet, da es stark ätzend wirkt und einen sehr durchdringenden unangenehmen Geruch besitzt. Um seine hervorragende desinfektorische Kraft, die gegen Sporen von pathogenen Bakterien besonders intensiv ist und die durch Zusatz von Alkohol oder durch Erwärmen noch erheblich wächst, auszunutzen, hat man es mit Seifen verbunden. Dadurch verschwinden Geruch und Ätzwirkung bis auf ein Minimum, während die Desinfektionskraft häufig noch ansteigt. Solche Präparate sind:

86. Lysoform (Lysoformgesellschaft Dr. Hans Rosemann, Berlin), bestehend aus 7,2—8% Formaldehyd, alkoholischer Kaliseife und etwas ätherischem Öl als Geruchskorrigens, und für Wäsche- und Fußbodendesinfektion Rohlysoform von der gleichen Wirksamkeit, aber ohne das ätherische Öl. Hellgelbe, ölige Flüssigkeit, mit Wasser und Alkohol in jedem Verhältnis mischbar, ist nur schwach giftig, greift Metalle und Holz nicht an. Die Desinfektionswirkung ist gegenüber verschiedenartigen Bakterien und Sporen nicht gleichmäßig. Sie steigt mit der Erhöhung der Temperatur sehr stark an; infolgedessen werden lauwarme Lösungen in der Chirurgie mit sehr gutem Erfolg benutzt.

Formisol (Th. Hahn in Schwedt a. O.) hat ähnliche Zusammensetzung und Eigenschaften; ebenso Parisol und Xyol, ferner Melioform (Lüti & Buhtz) und Baktoform.

Eine noch bessere Wirkung haben Morbicid (Schülke & Mayr, Lysolfabrik, Hamburg) und Morbicid technisch; das erstere mit, das letztere ohne Parfüm. Braune, klebrige, nach Seife und Formaldehyd riechende Flüssigkeit. Es besteht aus einer Kaliharzseife mit 11—12% Formaldehyd, die nach H. Schneider[2]), die gleiche Desinfektionswirkung besitzt[3]), wie die käufliche Formaldehydlösung mit 37% Aldehyd.

Septoforma ist ein Kondensationsprodukt von Formaldehyd und β-Naphtol, also Dioxydinaphtylmethan, in alkoholischer Leinölseife (Paul Bachmann, DRP. 142017). Dunkelbraune, dicke Flüssigkeit, in Wasser klar löslich. Wird für die Veterinärpraxis besonders empfohlen.

Festoform, ein Gemisch von 3 T. Formalin mit 1 Teil fester Natronseife, ist eine amorphe, weiße Masse von der Konsistenz einer weichen Seife, die sich vor den vorbeschriebenen Präparaten dadurch auszeichnet, daß sie in Pastillen und Tabletten geformt werden kann (Chem. Werke Reiherstieg, Hamburg). Soll das Lysoform an Wirksamkeit erheblich übertreffen, aber beim Aufbewahren seine Zusammensetzung ändern.

Formaldehydpräparate, die mit Zusatz von anderen Desinfektionsmitteln bereitet werden, sind:

Karbollysoform (mit Phenol),

Formobor und Formobas (mit Borax) von Wolberg,

Trikresolformalin (mit Trikresols. d.) von Schering; für die zahnärztliche Praxis.

86a. Furfurol, Furol, $C_5H_4O_2$, hergestellt von der Chem. Fabr. von Heyden Radebeul-Dresden, wird als Mittel zur Vernichtung von schädlichen Nagern (Ratten), Insekten (Blattläusen) und als Beizmittel für Samen und Pflanzen benutzt. Vgl. A. Sternberg D.R.P. Anm.St. 31342.

Nach Mitt. der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft 1919 Heft 17 ist das Furol als Beizmittel gegen Steinbrand nicht geeignet.

87. Phenol, Karbolsäure, und seine Homologen, die Kresole und Xylenole, gehören zu den am längsten angewendeten Konservierungs- und Desinfektionsmitteln. Als Bestandteile des Holzteers haben sie diesen Zwecken, insbesondere zum Konservieren von Hölzern, Tauen sowie, in Form des Teerdampfes, von Fleisch und Fischen schon seit alter Zeit gedient.

Das von Lister im Jahre 1867 als Desinfektionsmittel in die chirurgische Praxis eingeführte Phenol hat nach späteren Untersuchungen von Koch (Mitt. d. k. Ges.-Amts 1, S. 264, 1881) nicht die ihm zugeschriebene starke, keimtötende Wirkung; es wirkt bei Abwesenheit von Eiweiß etwa hundertmal schwächer als Sublimat. Zudem ist es stark giftig. Seine Desinfektionsleistung ist aber nach Behring[25]) sehr gleichmäßig und zuverlässig, so daß es doch noch immer

viel benutzt wird. Durch Eiweiß wird seine Wirkung nicht beeinträchtigt.

Acidum carbolicum liquefactum ist Phenol, das durch Zusatz von 10% Wasser verflüssigt ist.

Alle Teerarten enthalten Phenol und seine Homologen neben Kohlenwasserstoffen, Schwefel- und Stickstoffverbindungen und Ruß. Im Steinkohlenteer überwiegen die aromatischen Kohlenwasserstoffe, in den bei niederer Temperatur gewonnenen Teeren aus Holz, Torf und Braunkohle überwiegen weitaus die Kohlenwasserstoffe der Fettreihe. Bei der Benutzung der Teere zum Imprägnieren und zur Bekämpfung von Ungeziefer aller Art findet heutzutage durchweg zuerst eine Aufarbeitung der Teere durch Destillation und chemische Mittel statt, um zuerst die für bestimmte Zwecke besonders wertvollen Bestandteile zu isolieren. Zu den obengenannten Zwecken dienen hauptsächlich die über 170° siedenden Teeröle.

Als Karbolineum brachte zuerst Avenarius (DRP. 46021) Teeröle, die mit Chlor behandelt waren, in den Verkehr; ähnlich ist ein Präparat von Graf & Co. (DRP. 63318). Diese beiden hatten jedoch dickliche Konsistenz und sind hauptsächlich Anstrichmittel.

Gegenwärtig versteht man unter Karbolineum Imprägnierungsmittel, die in das Holz usw. möglichst tief eindringen und eine große Desinfektionskraft haben sollen; es sind also Teeröle mit mehr oder minder hohem Gehalt an Phenolen, die bisweilen durch Zusatz von Farbstoffen oder Pech gefärbt sind.

Wasserlösliches Karbolineum sind Emulsionen von Teerölen unter Zusatz von Schutzkolloiden, so daß die feine Suspension auch beim Verdünnen bestehen bleibt.

Karbolineum wurde zuerst von Bethell zur Bekämpfung von holzzerstörenden Pilzen benutzt, dann von Robbes zur Abtötung von Schwammspinner- (Liparis) insbesondere Nonneneiern empfohlen.

Die von Phenolen und Basen befreiten eigentlichen Teeröle haben je nach ihren Siedegrenzen verschiedene Wirksamkeit gegen Schädlinge. So sind z. B. die Leichtöle, bis 180° siedend, besonders wirksam gegen Baumschildläuse und gegen flach im Boden lebende Schädlinge, während gegen Blutläuse alle Teeröle gleiche Wirksamkeit haben, und gegen Raupen besser phenol- und basenhaltige Rohöle benutzt werden. Vgl. Molz[24]). Als Desinfektionsmittel im engeren Sinne dienen die Kohlenwasserstoffe nicht, sondern die in den Teeren enthaltenen Phenole.

Saprol (Dr. Nördlinger, Chem. Fabr. Flörsheim) ist ein Gemisch von 20% Mineralölen mit 80% roher Karbolsäure, das leichter als Wasser ist, D. 0,98—0,99. Schwarze, ölige Flüssigkeit; verteilt sich auf Wasser zu dünner Schicht und schließt daher den Inhalt von Abortgruben von der Luft ab. Die wirksamen Phenole lösen sich allmählich in dem Grubeninhalt und wirken desinfizierend. Dient auch zur Vernichtung von Stechmückenbruten, also auch zur Bekämpfung von Malaria und Schlafkrankheit.

Medol ist ein aus Kohlenwasserstoffen und einem Emulgens bereitetes Liniment, das mit Wasser und Wundflüssigkeiten Emulsionen gibt. Es dient als Mittel bei Ausschlägen, Entzündungen, Verbrennungen, besonders bei Räude, Staupe und Krätze der Hühner.

Seine Wirksamkeit kann durch Zusatz von Salzen oder Säuren stark erhöht werden, während Alkohol sie abschwächt. Viel wirksamer als das Phenol selbst sind seine Homologen und viele Substitutionsprodukte. Vgl. darüber Bechhold u. Ehrlich[16]), H. Schneider[17]) und K. Laubenheimer[18]).

88. Phenolschwefelsäuren und -sulfosäuren. Durch Vermischen von Phenolen mit Schwefelsäure entstehen bei niederer Temperatur reine Gemenge, die durch Wasser sofort zerfallen und dann eine durch die Gegenwart der Schwefelsäure sehr erheblich gesteigerte Desinfektionswirkung aufweisen. Bei etwas stärkerer Reaktion bilden sich Phenolschwefelsäuren, z. B. $C_6H_5.O.SO_3H$, die durch Wasser leicht gespalten werden, in Form ihrer Salze aber beständiger sind; sie zeigen etwas schwächere Desinfektionskraft als die Gemische. Läßt man die Reaktion noch lebhafter verlaufen, so bilden sich Phenolsulfosäuren, $C_6H_4(OH)$-SO_3H, von denen die

89. o-Phenolsulfosäure die beste Desinfektionswirkung hat und als Aseptol zur Wundbehandlung sowie zur Magen- und Darmdesinfektion benutzt wird. Farblose, schwach nach Phenol riechende Lösung mit 33⅓% Gehalt.

90. Sozojodol ist eine Jodverbindung der p-Phenolsulfosäure, $C_6H_2J_2(OH)SO_3H$. Farblose in Wasser leicht lösliche Kristalle, Dient als Wundantiseptikum (Tromsdorfs DRP. 45226).

91. Phenostal ist Diphenylorthooxalester. Es wird nach H. Schneider aus 2 Mol. Phenol und 1 Mol. wasserfreier Oxalsäure bei 100° dargestellt (DRP. 189960, 224812 und 226231; Schülke & Mayr, Hamburg). Schmp. 123—124°. Kommt in haltbaren Tabletten in den Handel. Zerfällt beim Lösen in Wasser in ein Gemisch von

Phenol und Oxalsäure, das eine 3—6mal größere Desinfektionswirkung als Phenol hat.

92. Chlorphenole. Die Orthoverbindung dient zu Inhalationen bei Infektionen der Luftwege und in Salbenform als Mittel gegen Erysipel. Die p-Verbindung wurde früher als Desinfektionsmittel benutzt, ist aber jetzt durch die wirksameren Chlorkresole verdrängt.

93. Dinitrophenol, aus Phenol und Salpetersäure gewonnen, wird als Natrium- oder Anilinsalz, gemischt mit Fluornatrium, unter dem Namen Basilit zur Konservierung von Grubenholz, Schwellen und Telegraphenstangen benutzt[29]).

94. Kresole haben stärkere Desinfektionskraft, als das Phenol und sind weniger giftig. Sie lösen sich aber schwerer in Wasser, so daß höchstens 2%ige Lösungen hergestellt werden können, wenn man nicht Zusätze von anderen Stoffen benutzt. Das Metakresol wirkt am stärksten. Trotzdem hat ein Gemisch der drei Isomeren noch kräftigere Wirkung. Es ist als Trikresol im Handel und wird in der Zahnpraxis verwendet (Schering). Es enthält etwa 35% Ortho-, 40% Meta- und 25% Parakresol. Das im D. A. B. 5 vorgeschriebene Rohkresol, Cresolum crudum, soll 50% Metakresol enthalten. Bestimmung nach F. Raschig[30]).

Die Kresole werden wegen ihrer geringen Löslichkeit in Wasser (100 T. Wasser lösen 2,5 g T. Ortho-, 0,53 T. Meta- und 1,8 T. Parakresol[31]) für Desinfektionszwecke durch Vermischen mit Säuren, Salzen oder Seifen löslicher gemacht; z. T. gehen sie dabei chemische Verbindungen ein, vgl. Phenol; ferner werden sie auch durch Substitution in höherwertige Derivate übergeführt. Durch Vermischen mit Säuren, insbesondere Schwefelsäure, Salzsäure und Oxalsäure wird die Desinfektionswirkung der Kresole ganz außerordentlich erhöht[32]); zur praktischen Verwendung eignet sich besonders die Oxalsäure, da sie zugleich die Löslichkeit der Kresole verbessert. Auch zur Bekämpfung tierischer Infektionskrankheiten eignet sich dies Gemisch trefflich.

95. Rohe Karbolsäure. Die technische „Rohe Karbolsäure 95—100%" enthält fast kein Phenol, sondern besteht zu über 95% aus dem Gemisch der 3 Kresole, den Rest bilden hauptsächlich Xylenole.

Die technische „Rohe Karbolsäure 50—60%" enthält Kresole, Xylenole und noch höher siedende Phenole, zusammen über 12%.

Die technische „Rohe Karbolsäure 25—30%" enthält 75% nicht phenolartige Substanzen (Kohlenwasserstoffe, Basen, Schwefelverbindungen); von den Phenolen machen die Kresole und Xylenole die Hauptmenge aus. (Vgl. C. Fischer & F. Koske, Abh. a. d. Kais. Ges.-A. 19 S. 577, 1903.)

96. Kresosteril ist der Orthooxalester des m-Kresols, der wie der betr. Phenolester in Pastillen in den Handel kommt (Rütgers DRP. 229 143). Es entspricht in seinem Verhalten dem Phenostal (91), nur ist die Desinfektionswirkung als die eines Kresolderivats entsprechend größer.

97. Kresylschwefelsäuren. Wirkt Schwefelsäure auf Kresole bei mäßiger Wärme ein, so entstehen esterartige Verbindungen, die Kresylschwefelsäuren; nach Schneider (a. a. O.) darf man dabei die Temperatur nicht über 40° steigern, da sonst die desinfektorisch weniger wertvollen Kresolsulfosäuren entstehen; nach 24—48 Stunden ist das Produkt wasserlöslich. Die Desinfektionswirkung der Kresylschwefelsäuren ist nach Fischer & Koske[33]) sehr beträchtlich; wegen ihres Gehalts an freier Schwefelsäure können sie aber nur zur groben Desinfektion, in Viehwagen, Ställen, Abortgruben und in der Tierheilkunde benutzt werden. Durch Neutralisieren mit Kalk oder Alkalien geht die Desinfektionskraft sehr stark zurück. Bei längerem Stehen in verdünnter wäßriger Lösung spalten sich die Kresylschwefelsäuren in Kresole und freie Schwefelsäure.

98. Avantol (W. Friedrich, Hannover); braune Flüssigkeit, die in das zum Verdünnen dienende Wasser gegossen werden muß. Wird in ½—1%iger Lösung zum Desinfizieren von Wohn- und Wirtschaftsräumen und Aborten sowie gegen Hausschwamm und Ungeziefer empfohlen.

99. Sanatol und das vor einigen Jahren mit großer Reklame in die Welt gesetzte Automors (Gebr. Heyl, Charlottenburg) bestehen aus Kresolsulfosäuren mit freier Schwefelsäure und unverbundenen Teerbestandteilen. Beim Verdünnen der schwarzbraunen Flüssigkeit mit Wasser scheiden sich die letzteren allmählich ab, und es verbleibt die gegenüber den Kresolen geringere Desinfektionswirkung der Sulfosäuren und der Schwefelsäure[34]).

100. Hygienol und Pyrothen (H. Prött in Vahrenwald bei Hannover) sollen Verbindungen von Kresolen mit schwefliger Säure sein. Ihre Desinfektionskraft ist geringer als die der Schwefelsäureverbindungen[35]).

101. Kreolin. Als Kreolin wurde seit dem Anfang der achtziger Jahre zuerst von der Firma Pearson in England eine Mischung in den Handel gebracht, bestehend aus Kresolen und höheren Phenolen mit

indifferenten Ölen und anderen Teerbestandteilen, die durch Seife, meist Harzseife, bei einigen Präparaten auch mit Leim, emulgiert sind. Creolin Pearson enthält etwa 66% Kohlenwasserstoffe sowie 27% Phenole und Harzseife, Creolin purissimum, Hycolin: entsprechend 41% und 34%, als Emulgens Fettseife, Sal-Creolin, Sal Hycolin (von W. Pearson, Hamburg, jetzt Ottomar Quandt) enthält davon 26% und 33% und als Emulgens Leim oder Dextrin, wodurch bewirkt wird, daß es auch mit Meerwasser verdünnt werden kann, ohne daß die Emulsion gestört wird.

102. Ähnliche Präparate sind: Kreolin Austria, Kreolin Altmann, Kresapol, Desinfektol, Kremulsion, Kresolin, Kresolvin, Negrolin, Sapofena, Sapokarbol II, Sapokresolin, Urpin, Cyllin, Zotal, Kerol, Konfektant, Sanitas-Okol, Sanitas Baktox, Pyxol, Jeyes fluid, rein und techn., Pakokreolin, Xylona (mit besonders starker Wirkung), Karboxol II, Izal — mit Leim, läßt sich mit Seewasser verdünnen —[36]). Die Kreoline sind braune dickliche Flüssigkeiten oder weißlich graue Pasten, riechen nach Teer, geben beim Verdünnen mit Wasser Emulsionen. Sie werden besonders in der Tiermedizin viel gebraucht. Ihre Desinfektionskraft beträgt das Mehrfache der Karbolsäure. Die Giftigkeit ist gering. (Vgl. die Kreolinbroschüre von O. Quandt, Hamburg.)

103. Die teerölfreien Kresole geben mit Seifen Lösungen, die sich mit reinem Wasser zu klaren Flüssigkeiten verdünnen lassen; mit kalksalzhaltigem Wasser geben sie Trübungen, die aber meist sehr gering sind. Gelb- bis rotbraun gefärbte Flüssigkeiten, Spez. Gew. 1,035—1,05, riechen nach Phenol, die Lösungen reagieren alkalisch. Sie werden hergestellt entweder aus rohem Kresol oder aus einem Gemisch reiner Kresole oder unter Benutzung eines einzelnen reinen Kresols.

Das erste derartige Produkt war das Sapokarbol (Chem. Fabr. Eisenbüttel, Braunschweig, 1884) und die von A. Schneider i. J. 1889 empfohlene Schmelze von Rohbenzol mit Kaliseife. Im gleichen Jahre führten Schülke & Mayr in Hamburg das Lysol ein, das den Anstoß zu zahlreichen ähnlichen Präparaten gab: Liquor cresoli saponatus DAB. 5 (gleiche Teile Rohkresol mit mindestens 50% Metakresol und Leinöl-Kaliseife), Bazillol, Sapokresol, Kresol Raschig, Antiputrol, Basol, Bavarol, Betalysol (etwas schwächer wirkend als Lysol, aber billiger; für Großdesinfektion und Tierheilpraxis), Karbosapol, Krelinum, Exterolysol, Hardiella, Kresapolin Krelution, Lykresol, Lysolveol, Nizolysol, Phenolin, Sapophenol, Saprosol[37]).

104. Lysol besteht aus über 50% (bis zu 60%) Kresolen, 38% Seife und 10% Wasser. Seine Desinfektionswirkung ist gegen sporenfreie, pathogene Mikroorganismen etwa doppelt so groß wie die des Phenols. Durch Eiweiß wird die Wirkung nicht unwesentlich beeinträchtigt. In der Medizin werden meist 1—3%ige Lösungen benutzt, für Stuhldesinfektionen 6—10%-ige. Die Wirkung übertrifft die des offizinellen Liq. cresoli saponatus nicht unerheblich. Lysol findet ausgedehnte Anwendung in der Medizin, besonders bei der Geburtshilfe und in alkoholischer Lösung zur Händedesinfektion[38]).

105. Bazillol (Bazillolwerke Hamburg) hat ähnliche Zusammensetzung und Desinfektionswirkung wie Lysol. Es wird ihm eine geringere Giftwirkung und niedriger Preis nachgerühmt[39]). Sokrena ist ein Kriegsersatz für Bazillol.

106. Die Kresole lösen sich auch in Lösungen ihrer Natriumsalze, ferner in den Salzen der Kresotinsäuren (Kresolkarbonsäuren) und der Hydrindensäure (A.-G. f. Teer- u. Erdölindustrie DRP. 128 880).

107. Solutol, roh und rein (Chem. Fabr. v. Heyden, Radebeul-Dresden) wird so gewonnen, daß das Gemisch der drei Kresole mit etwa drei Viertel der äquivalenten Menge Natronlauge versetzt wird. Reagiert alkalisch. Es enthält in 100 T. mindestens 60 T. Kresole. Es wird ihm eine sehr energische und schnelle Wirkung nachgerühmt[40]). Dient zur Desinfektion von Wohnräumen, Ställen und infizierten Gegenständen.

108. Solveol (v. Heyden) und Kresotinkresol (E. Merck) sind neutrale Lösungen der drei Kresole in dem Gemisch der Natronsalze der Kresotinsäuren. Enthalten mindestens 50% Kresole. Mit Wasser klar mischbar. Die Präparate wurden während des Krieges wegen Seifenmangels viel hergestellt. Ihre Desinfektionswirkung ist etwas geringer als die der Kresolseifenlösungen.

Durch Einführung von Chlor in die Kresole werden, wie zuerst Ehrlich und Bechhold feststellten, Substitutionsprodukte erhalten, deren Desinfektionswirkung die der Ausgangsmaterialien noch ganz erheblich übertrifft. Sie sind fast geruchlos und verhältnismäßig wenig giftig[41]). Da sie in gewöhnlichen Seifen schwer löslich sind, benutzt man nach Liebrecht zur Herstellung der wasser-

löslichen Präparate am besten rizinusölsaures Kalium.

109. Parachlormetakresol, $C_6H_3(OH)(CH_3)Cl$: 1.3.6, ist das wirksamste der Chlorkresole. Farblose Kristalle vom Schmp. 65°, mit schwachem, nicht unangenehmem Geruch. Es wird von F. Raschig als „Parol" in Kristallen oder in alkalischer Lösung als „Parol, flüssig" in den Handel gebracht. Dient zur Großdesinfektion, zur Händedesinfektion, zur Verhütung von Schimmelbildung (z. B. beim Verspinnen von Papiergarn), Gärung und Fäulnis und zum Vertreiben von Ungeziefer.

110. Phobrol ist eine Lösung von 50% Chlormetakresol in rizinusölsaurem Kalium (Liebrecht DRP. 244 827, Schülke & Mayr, Hamburg). Löst sich klar in Wasser zu einer nicht ätzenden Flüssigkeit. Wird in 0,5—1%iger Lösung zur Desinfektion der Hände, der Gebrauchsgegenstände zu Verbänden, Spülungen, gegen Schweißfüße u. dgl. benutzt[42]).

111. Grotan ist eine feste Lösung von 1 Mol Chlormetakresol in einem Mol seines Natriumsalzes (DRP. 247 410, Schülke & Mayr, Hamburg) Es kommt in Tabletten in den Handel, die beim Auflösen in wenig Wasser einen Teil des Chlorkresols ausscheiden; in den Wassermengen, die zur Bereitung der gebräuchlichen ½—1%igen Lösungen dienen, löst es sich klar. Es übertrifft an Desinfektionswirkung die Karbolsäure um das Fünf- bis Sechsfache. Giftwirkung und Ätzwirkung sind gering (vgl. Grotanbroschüre der Firma Schülke & Mayr). Verwendung wie Phobrol.

112. Antinonnin, Dinitroorthokresolkalium, $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_2OK$, dient als rotbraune Paste, mit Seife und Glyzerin bereitet, in Lösungen 1:1000 zur Vertilgung von Nonnenraupen, Blattläusen, Hausschwamm u. dgl.

Die höheren Homologen des Phenols haben mit steigendem Molekulargewicht abnehmende Löslichkeit. Die Desinfektionskraft ist bei einzelnen sehr groß[43]).

113. Symmetr. Xylenol, Metaxylenol, $C_6H_3(CH_3)OH$:1.2.3, (Dr. F. Raschig) hat ähnliche große Desinfektionswirkung wie Chlormetakresol. Es bewährt sich besonders zur Abtötung von Tuberkelbazillen im Sputum. Die Giftigkeit ist gering.

114. Sagrotan ist ein Gemisch von Chlormetakresol und Chlormetaxylenol in Seifenlösung (Schülke & Mayr). Die Desinfektionskraft des Präparates ist eine sehr große, seine Giftwirkung sehr gering; die Anwendungsmöglichkeiten sind daher sehr vielseitig. Wird auch besonders gegen Hautkrankheiten empfohlen[44]).

115. Die Naphtole haben eine beträchtliche Desinfektionskraft[45]), sind aber zum praktischen Gebrauche zu wenig in Wasser löslich. Die Natriumverbindung des Betanaphtols ist als Mikrozidin im Handel und wird in der Chirurgie benutzt; es oxydiert sich aber, besonders in wäßriger Lösung, sehr leicht und geht in unwirksame unlösliche Verbindungen über.

116. Die Chlor- und Brom-β-Naphtole haben nach Bechhold[46]) z. T. Desinfektionswirkungen, die die aller anderer Mittel außer den Quecksilbersalzen übertreffen; sie sind geruchlos und ungiftig.

Dibrom-β-naphtol hat besonders starke Wirkung gegen Kolibakterien, Tribrom-β-naphtol gegen Staphylokokken, Streptokokken und Diphtheriebazillen. Die Halogennaphtole lassen sich mit Alkalien und Seifen in Lösung bringen und werden von der Chem. Fabrik Ladenburg als Desinfektionsmittel vertrieben.

117. Salizylsäure, hat nach Samter[47]) keine erhebliche keimtötende Wirkung, hemmt aber die Entwicklung von pathogenen Bakterien, Fäulnisbakterien und Hefen. Sie wird daher als Konservierungsmittel viel benutzt, besonders auch in Form ihres Natriumsalzes. In größeren Mengen genossen ist sie nicht ungiftig.

Von den ätherischen Ölen und Kampferarten haben viele antiseptische und entwicklungshemmende Eigenschaften[48]). Als Desinfektionsmittel werden nur wenige von ihnen benutzt. Sie haben aber z. T. eine ausgezeichnete Wirkung gegen Hautmilben und manche (z. B. Kümmelöl und Dillöl) werden zur Bekämpfung der Krätze benutzt.

118. Terpentinöl hat nur verhältnismäßig geringe keimtötende Wirkung; soweit es sich bem Räuchern bildet, gehört es zu den ältesten Mitteln, die zum Zweck der Entwicklungshemmung benutzt werden.

119. Thymol ist in Wasser wenig löslich. Dient als Magen- und Darmantiseptikum. Seine bakterientötende und entwicklungshemmende Kraft ist nach E. W. Schmidt[49]) aber nur dann beträchtlich, wenn das betreffende Medium keinen guten Nährboden für Bakterien darstellt.

120. Thymoxol, Menthoxol, Kamphoxol sind Lösungen von 1% Thymol, Menthol, Kampfer in etwa 35%igem Alkohol unter Zusatz von 3% Wasserstoffsuperoxyd (C. Raspe, Berlin-Weißensee). Farblose Flüssigkeiten, die sich beliebig mit Wasser verdünnen lassen. Dienen zur Munddesinfektion.

121. Perubalsam wird aus dem Stamm von Myroxylon sansonatense durch Schwelen

gewonnen. Dunkelbraunrote, vanilleartig riechende, dickliche Flüssigkeit vom spez. Gew. 1,14. Besteht aus Benzoesäurebenzylester („Peruskabin"), Zimtsäurebenzylester, freier Zimtsäure, Harz und Spuren von Vanillin. Ist ein ausgezeichnetes Mittel gegen Krätze.

122. Tolubalsam, aus Myroxylon toluiferum, enthält neben einem Terpen hauptsächlich Zimtsäurebenzylester und dient als Krätzemittel.

Stickstoffhaltige Substanzen werden nur wenige als Desinfektionsmittel benutzt:

123. Chinosol, Oxychinolinsulfat, $(C_9H_7NO)_2H_2SO_4$, wird von Fr. Fritzsche & Co., Hamburg, gemischt mit Kaliumsulfat in Form gelber Tabletten in den Handel gebracht. Die gelbe Lösung riecht etwas nach Teer. Hartes Wasser verursacht Fällungen von Oxychinolin. Dient als Antiseptikum in der Chirurgie und zu Vaginalspülungen. Seine Wirksamkeit wird verschieden beurteilt. Während North[50]) und Saito[51]) ihm eine dem Phenol und Lysol weit überlegene keimtötende Wirkung zuschreiben, führt Schneider[52]) aus, daß die Wirkung im wesentlichen nur entwicklungshemmend ist.

124. Nikotin, $C_{10}H_{14}N_2$, eine farblose, scharfriechende flüssige Base, ist mit anderen Stoffen zusammen im Tabaksaft enthalten und dient zur Vertilgung von schädlichen Insekten, insbesondere Blattläusen.

125. Strychnin, $C_{21}H_{22}N_2O_2$, dient in Form von Giftweizen oder Gifthafer zum Vertilgen von schädlichen Nagern, insbesondere Ratten und Mäusen.

126. Auramin, $C_{17}H_{24}N_3OCl$, ein gelber Farbstoff, hat bakterizide Wirkung und wird als Pyoktaninum aureum in der Augenheilkunde, gegen Hautkrankheiten und als 2%iges Streupulver in der Chirurgie verwendet.

127. Methylviolett, $C_{24}H_{28}N_3Cl$ und $C_{25}H_{30}N_3Cl$, ein Gemisch von Salzen des Penta- und Hexamethyl-p-rosanilins, ein blauvioletter Farbstoff, hat antiseptische Wirkung. Es wird als Pyoktaninum coeruleum bei eiternden Wunden und innerlich gegen Cholera und Magenkrebs benutzt.

128. Salvarsan, m, m-Diamino-p,p-dioxyarsenobenzol, $As_2(C_6H_3.NH_2.OH)_2$; das Chlorhydrat dient als Spezifikum gegen die Spirochaete pallida, den Erreger der Syphilis.

129. Atoxyl, p-amidophenylarsinsaures Natrium, $NH_2.C_6H_4.AsOH.ONa$, ist gleichfalls ein ausgezeichnetes Mittel gegen Protozoenkrankheiten und wird zur Bekämpfung der Schlafkrankheit benutzt.

Schwefelhaltige Stoffe.

130. Schwefelkohlenstoff, s. d., ist ein starkes Nervengift und hat anästhesierende Wirkung. Es dient zur Vertilgung von Pelzmotten und ähnlichen Schädlingen, insbesondere aber im Boden zur Vernichtung der Reblaus. Zu dem gleichen Zweck benutzt man sein Umsetzungsprodukt mit alkoholischem Kali; das xanthogensaure Kalium, $CS.(O.C_2H_5).SK$; das man in wäßriger Lösung verwendet.

131. Senföl, Allylsenföl, $CS.N.C_3H_5$, farbloses Öl mit scharfem, zu Tränen reizendem Geruch. Siedep. 148. Wird durch Destillieren von schwarzem Senfsamen mit Wasser gewonnen. Es hat starke bakterientötende und entwicklungshemmende Eigenschaften. Es löst sich in rizinusölsaurem Kalium[53]).

132. Ichthyol, sulfoichthyolsaures Ammonium. Dunkelbraune, unangenehm brenzlich riechende dicke Flüssigkeit. In Wasser und Weingeist löslich. Wird von der Ichthyolgesellschaft, Cordes Hermanny in Hamburg, gewonnen, indem man bituminöse Gesteine aus der Gegend von Seefeld (Tirol) schwelt und das Ichthyolöl mit rauchender Schwefelsäure sulfoniert und in Ammoniak löst. Wird als Mittel gegen Hautkrankheiten, zu Spülungen der Genitalorgane und innerlich gegen Krankheiten der Verdauungs- und Atmungswerkzeuge benutzt.

Verschiedene feste Stoffe.

Feste Stoffe wirken, soweit sie sich nicht chemisch verändern oder in Lösung gehen, nicht als eigentliche Desinfektionsmittel. Wohl aber werden Stoffe mit großer Oberflächenentwicklung vermöge ihrer Adsorptionsfähigkeit als desodorierende und konservierende Mittel vielfach angewendet.

133. Holzkohle hat, besonders wenn sie aus Laubholz und bei nicht sehr hoher Temperatur bereitet ist, eine äußerst feine Struktur und demgemäß als Pulver eine sehr große Oberfläche. Sie dient als Desodorierungsmittel, auch als Zahnpulver und wird innerlich zur Darmdesinfektion bei Ruhr gegeben.

134. Torfmull, Torfstreu. Die Grastorfschichten (oberen Schichten) der Tieflandsmoore, die sich als Brenntorf nicht eignen, werden für sich gestochen und an der Luft getrocknet. Die zusammenhängenden Faserstoffe bilden die Torfstreu, die in Ballen in den Handel kommt, die abfallende feinpulverige Masse den Torfmull. Torfstreu wird in Ställen zum Aufsaugen von Jauche benutzt, konserviert die Dungstoffe und hält die Stalluft rein. Torfmull dient als Verbandmittel, ferner zum Geruchlosmachen von Fäkalgruben

und -tonnen. Seine Desinfektionswirkung ist gering, kann aber durch Zusatz von 2% Schwefelsäure (s. 24) sehr verbessert werden.

135. Bolus, farbloser oder schwach eisenhaltiger und daher rötlicher Ton. Dient als Streupulver und als Darmdesinfektionsmittel bei Ruhr.

136. Schwefel wird in feinpulveriger Form, als Schwefelblumen zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten, besonders im Weinbau gegen Oidium verwendet; auch manche Insekten wie Spinnmilben und Erdflöhe werden dadurch getötet, aber auch nützliche wie der Ohrwurm, der den Heu- und Sauerwurm vertilgt[54]). Schwefel selbst ist unter diesen Bedingungen unlöslich und unflüchtig, kann also nur als Kontaktgift wirken. Ob seine Wirksamkeit als Magen- oder Atemgift auf der Bildung von Schwefeldioxyd oder Schwefelwasserstoff durch die Atmosphärilien beruht, ist noch nicht endgültig festgestellt.

Literatur:

Allgemeines:

Gottschlich, Desinfektion, im 4. Bd. des Handbuchs der pathogenen Organismen, Jena, Gustav Fischer, 1904.

Rubner, Lehrbuch der Hygiene, Wien, F. Deuticke, 1907.

Flügge, Grundriß der Hygiene, Leipzig, Veit & Co., 1915.

Croner, Lehrbuch der Desinfektion, Leipzig, W. Klinkhardt, 1913.

F. Schneider, Desinfektionsmittel, im 3. Bd. von Ullmanns Enzyklopädie der techn. Chemie, Berlin u. Wien, Urban & Schwarzenberg, 1916.

Kolle, Über Wohnungsdesinfektion, insbes. über Formaldehydverfahren und Autan. Bern, 1907.

Sobernheim, Leitfaden für Desinfektoren, Halle a. d. S., Marhold, 1907.

v. Scheuerlen, Leitfaden der prakt. Desinfektion und Ungezieferbekämpfung, Berlin, Stuttgart und Leipzig, W. Kohlhammer, 1916.

Kirstein u. Rudolf, Das Gasschiff der Kgl. preußischen Medizinalverwaltung. Veröffentlichungen der Medizinalverwaltung 7. Bd., Berlin 1917.

Deutsche Desinfektionszentrale Berlin, Die Desinfektion und ihre Hilfsmittel. Berlin 1913.

R. Graßburger, Die Desinfektion und ihre Hilfsmittel, Leipzig 1913.

v. Behring, Bekämpfung der Infektionskrankheiten, Infektion und Desinfektion, Leipzig 1894.

K. Laubenheimer, Phenol und seine Derivate als Desinfektionsmittel, Berlin 1909.

Th. Weyl, Handbuch der Hygiene.

Besondere Hinweise:

1. Mitt. des kgl. Gesundheitsamtes **1881.** 243.
2. Rob. Koch, Untersuchungen über die Ätiologie der Wundinfektionskrankheiten, Leipzig 1878.
3. Z. Hygiene u. Infektionskrankh. **1890.** 395.
4. Ebda. **1897.** 1; Z. physiol. Ch. **21.** 414. Weiteres s. bei Paul: Entwurf zur einheitlichen Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel, Z. angew. Ch. **1901.** 333; K. Schneider u. E. Seligson, Z. Hygiene **1908.** 413; K. Laubenheimer, Phenol u. s. Derivate als Desinfektionsmittel, Habilitationsschrift, Leipzig 1909.
5. W. Hempel, Z. angew. Ch. **19.** 223; **20.** 1635.
6. R. Schmidt, Z. angew. Ch. **1919 I.** 108.
7. Rubner, Arch. f. Hygiene **1906.** 241; v. Esmarch, Hyg. Rundschau **1902.** 961.
8. Heider, Centralbl. f. Bakteriologie **1890.** 221; Arch. f. Hygiene **1892.** 341.
9. E. Teichmann, Z. f. Hygiene u. Inf.-Kr. **1917.** 449; H. W. Frickhinger, Umschau **1917.** 693 u. Prometheus **1917.** 745; ferner die Verhandl. d. Deutschen Ges. f. Entomologie. Z. angew. Ch. **1918 I.** 654.
10. Z. angew. Ch. **1919 II.** 121.
11. Desinfektion **1910.** 1.
12. Pfuhl, Ztschr. f. Hygiene **6.** 97 und **7.** 363.
13. Ebda. **59.** 296 (1908).
14. Archiv f. Hygiene **78.** 1.
15. Z. angew. Ch. **1914.** 132
16. Desinfektion **1910.** 1.
17. Ebda. **1910.** 302.
18. Dingl. Journ. **215.** 237.
19. Sitz-Ber. d. Naturf. Ges. in Rostock, Bd. 7, 1918.
20. Z. f. Hygiene **13.** 495.
21. Thoms, Die Arzneimittel der organischen Chemie, Berlin, J. Springer.
22. Münch. med. Wochenschr. **58.** 2659 und **59.** 405.
23. D. med. Wochenschr. **1909.** Heft 4.
24. Z. angew. Ch. **1913.** 533.
25. Z. f. Hygiene **1890.** 395.
26. Z. physiol. Ch. **1906.** 173.
27. Z. f. Hygiene **1906.** 116.
28. K. Laubenheimer, Phenol und seine Derivate als Desinfektionsmittel, Habilitationsschrift, Urban u. Schwarzenberg, Berlin 1909.
29. B. Malenković, Z. angew. Ch. **27.** 132.
30. Z. angew. Ch. **1900.** 759.
31. Gauber, Arch. f. Hygiene **1893.** 618.
32. H. Schneider, Z. f. Hygiene **1906.** 116.
33. Arb. d. Kgl. Gesundheitsamtes **1903.** 577.
34. Flemming, Z. angew. Ch. **1909.** 2045; Bitter, Hyg. Rundschau **1910.** 57.
35. Wolf, Centralbl. f. Bakt. I, **46.** 840.
36. Schneider, Hygien. Rundsch. **1912.** 693; Desinfektion **5.** 89; The Lancet **177.** 1516.
37. Deiter, Veröff. d. G. d. Mil.-San.-W. **1908.** 73.
38. Deiter, Ebda. **1909.** 38; Rapp, Desinfektion **1909.** 643; Schneider, Z. f. Hygiene **53.** 136; Laubenheimer, Habil.-Schr. s. 28; Croner, Lehrbuch d. Desinfektion. Leipzig 1913.
39. Engels, Arch. f. Hygiene **45.** 13.
40. Hueppe, Berl. klin. Wochenschr. **1893.** Nr. 21.

41. Laubenheimer, 28; Croner, Lehrb. d. Desinfektion S. 206.
42. Kühl, Südd. Apothekerztg. **1913.** Nr. 42.
43. Laubenheimer, 28.
44. Schottelius, Arch. f. Hygiene **1914.** H. 2; Friedenthal, Berl. klin. Wochenschr. **1915.** H. 39. Unna, Hamb. Ärzte-Korresp. **1916.** Nr. 49ff.
45. Schneider, Z. f. Hygiene **1906.** 534.
46. Z. f. Hygiene **1909.** 113.
47. Dissertation, Berlin 1889.
48. Laubenheimer 28.
49. Z. physiol. Ch. **1910.** 412.
50. Allg. Med. Ztg. **1908.** 361.
51. Desinfektion **1.** 267.
52. Z. f. Hygiene **1908.** 439.
53. Laubenheimer, 28.
54. Molz, Z. angew. Ch. **1913.** 533.

B. Rassow.

Desinfektol s. Desinfektionsmittel 102.
Dextrin s. Stärke; Kitte.
Dextrose s. Zucker 1.
Diabas s. Steine II, X, 11.
Diabasit s. Steine V, L.
Diallag s. Steine II, B, 18, b.
Diamant s. Steine I, 6.
Diamanten, Fahluner s. Zinn.
Diamantgrau s. Farbstoffe I, 96.
Diamantschwarz (Anilinschwarz) s. Farbstoffe III.
Diaminoresorzin s. Photogr. Materialien C, 5.
Dianisidin s. Benzidin.
Diaspirin s. Salizylsäure.

Dichloräthylen (symmetr.) Chem. Zus. $C_2H_2Cl_2$. Mol.-Gew. 96,9. C: 24,74% H: 2,06%, Cl: 73,20%. Siedep. bei 738,5 mm etwa 52°. Dampfdruck bei 20° 205 mm, spez. Wärme bei 20° 0,270. Verdampfungswärme (berechnet) 71 kcal. Ausdehnungskoeffizient etwa 0,0013. Spez. Gew. $D_{15} = 1{,}278$. Dem Tri- und Perchloräthylen in seinem Verhalten gegen Metalle und Alkalien sehr ähnlich und diesen gegenüber indifferent. Die Dämpfe des Dichloräthylens sind entzündlich, brennen aber mit verhältnismäßig kalter, sehr leicht verlöschender Flamme.

Verwendung: Durch sein hohes Lösungsvermögen für Kautschuk dient es zur Herstellung von Kautschuklösungen. (DRP. 211 186 (1907)). Eine Lösung von Dichloräthylen in Alkohol oder Wasser ist ein wirksames Desinfektionsmittel (DRP. 263 332).

Preise:
Dichloräthylen, doppelt gereinigt 1 kg M. 20,00
Dichloräthylen, technisch 1 kg M. 5,00

Bezugsquellen:
E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover.

Literatur:

Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie, Bd. I, Berlin-Wien 1914.

Ed. Schenk.

Dichloressigsäure s. Chloressigsäuren.
Dickgummi s. Stärke 2.
Dicköl s. Fette II, B, 5; Firnisse 2.
Didym s. Seltene Erden.
Digestivsalz s. Kaliumchlorid.
Dinas s. Steine IV, 5; V, A, 4.
Dinaskristall s. Steine V, A, 3.
Ding an sich s. Natriumsuperoxyd.
Dinitrobenzol s. Nitrobenzol; Sprengstoffe V, 5 (Tabelle), a.
Dinitrochlorhydrin s. Sprengstoffe V, 3, c.
Dinitroglyzerin s. Sprengstoffe V, 3, b.
Dinitrophenol s. Desinfektionsmittel 93.
Diogen s. Photogr. Materialien C, 6.
Diorit s. Steine II, X, 10.
Diopsid s. Steine II, B, 18, b.

Dioxybenzole: $C_6H_4(OH)_2$. Brenzkatechin, Resorcin, Hydrochinon. Mol. Gew. 110,1.

1. Brenzkatechin (1,2-Dioxybenzol, o-Dioxybenzol).

Brenzkatechin findet sich in vielen Harzen (Katechu, Kino), woraus man es durch trockene Destillation oder Kalischmelze erhalten kann. Protokatechusäure zerfällt bei der Destillation glatt in Kohlensäure und Brenzkatechin.

Darstellung: 1. aus Guajakol (s. u.) durch Erhitzen mit Aluminiumchlorid auf 210°[1]), 2. durch Schmelzen von o-Chlor-, o-Brom-, o-Jodphenol mit Ätzkali[2]), 3. aus p-Brom-m-Oxybenzoesäure mittels Alkalischmelze[3]), 4. aus gechlorten Oxybenzoesäuren[4]), 5. durch Verschmelzen von α-phenoldisulfonsaurem Natrium mit Ätznatron zur Brenzkatechinmonosulfonsäure und Abspaltung der Sulfogruppe[5]), 6. durch Überführen von p-Phenolsulfonsäure in Chlorphenolsulfonsäure, Verschmelzen mit Ätznatron und Abspalten der Sulfogruppe[6]).

Eigenschaften: Brenzkatechin bildet breite, glänzende, farblose, rhombische Blättchen aus Benzol oder prismatische Nadeln aus Wasser. Schmp. 104°, Siedep. 245°. Spez. Gew. 1,344. Die wäßrige Lösung reagiert sauer. Es ist leicht löslich in Wasser, 100 Teile der bei 20° gesättigten wäßrigen Lösung enthalten 1,1 Teile Brenzkatechin. Es ist leicht löslich in Alkohol und Äther, löslich in kaltem Benzol (Trennung vom Hydrochinon), mit Wasserdampf ist es etwas flüchtig. Die alkalische Lösung wird an der Luft erst grün, dann schwarz. Die wäßrige Lösung wird mit Eisenchlorid grün ge-

färbt, bei Zugabe von wenig Natronlauge tritt Violettfärbung, bei Überschuß Rotfärbung ein. Durch Bleiazetat oder Bleiessig wird es ausgefällt (Methode zur quantitativen Bestimmung s. u.). Brenzkatechin reduziert bei gewöhnlicher Temperatur Silbernitratlösung, beim Erwärmen Fehlingsche Lösung.

Prüfung:[7]) Anorganische Beimengungen. 1 g Brenzkatechin darf beim Erhitzen nicht mehr als 0,5 g Rückstand hinterlassen. Phenol: Die wäßrige Lösung (1:10) darf beim Kochen keinen Phenolgeruch geben. Fremde organische Stoffe: Brenzkatechin löst sich in Schwefelsäure mit schwacher Rotfärbung. Eine Bräunung der Schwefelsäure darf nicht eintreten. Farbreaktionen:[8]) Quantitative Bestimmung: durch Ausfällen mit Bleiazetat als $C_6H_4O_2Pb$.[9])

Verwendung: Brenzkatechin dient als Entwickler in der Photographie[10]) und als Ausgangsmaterial für Guajakol (s. u.). Es kann auch zum Beizen von Holz zur Erreichung rötlichbrauner Töne verwendet werden.[11])

Guajakol (Brenzkatechinmonomethyläther $C_6H_4.OH.OCH_3$) findet sich zu 40—50% im Buchenholzkreosot. Man gewinnt es aus der bei 200—205° übergehenden Fraktion der Buchenteerdestillation, indem man es durch Waschen mit starkem Ammoniak abscheidet, in das unlösliche Guajakolkalium überführt und dieses mit Schwefelsäure zerlegt. Synthetisch erhält man es aus o-Anisidin durch Diazotieren und Destillation der mit Schwefelsäure angesäuerten Lösung im Dampfstrom[12]), oder aus Brenzkatechin durch Methylieren in alkoholischer Lösung mit Chlormethyl.[13])

Eigenschaften: Guajakol bildet farblose, rhomboedrische Prismen vom Schmp. 31 bis 32°. Siedep. 205,1°, oder eine farblose, schwachgelbliche, ölige Flüssigkeit. Das spez. Gew. des flüssigen Guajakols beträgt bei 15° 1,143, 1 ccm des flüssigen Guajakols löst sich bei 15° in 60 ccm Wasser. Es ist leicht löslich in Alkohol, Äther, Ligroin, Schwefelkohlenstoff und Chloroform. Es besitzt einen angenehmen aromatischen Geruch. Die alkoholische Lösung gibt mit Eisenchlorid eine smaragdgrüne Färbung. Reines Guajakol wird durch konz. Schwefelsäure nur schwach gelb, unreine Handelspräparate werden dagegen rot gefärbt.

Verwendung: Guajakol dient (wie auch der Äthyläther, s. u.) zur Bekämpfung der Tuberkulose. Zum gleichen Zweck werden das Guajakolkarbonat (Duotal) und andere Guajakolderivate, die weniger reizend auf die Schleimhäute wirken, verwendet.

Der Brenzkatechinmonoäthyläther (Guaethol) $C_6H_4.OH.OC_2H_5$ wird durch Äthylieren von Brenzkatechin erhalten.[14])

Der Brenzkatechindimethyläther (Veratrol) $C_6H_4.(OCH_3)_2$ wird aus Natriumguajakol mit Jodmethyl erhalten. Weitere Guajakolderivate[15])

Preise:

Brenzkatechin subl. . .	1 kg	13,75 M.
Guajakol flüssig s = 1,12	1 kg	14 M.
Guajakol rein krist. . .	1 kg	15 M.
Guajakolkarbonat . . .	1 kg	19 M.
Brenzkatechinmonoäthyläther	100 g	7,30 M.
Veratrol	100 g	7,70 M.

Bezugsquellen: E. Merck, Darmstadt. Chem. Fabrik von Heyden, Radebeul. C. A. F. Kahlbaum, Chem. Fabrik Adlershof b. Berlin. Hartmann & Hauers, G. m. b. H., Hannover. Gustav H. Petersen, G. m. b. H. Berlin C 25.

Literatur:

Allgemeine:
Schultz, Die Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, Bd. 1, S. 143ff.
Schwalbe, Benzoltabellen, Berlin 1903, S. 161—166.
Bes. Hinweise s. weiter unten.

2. Resorcin: (1,3-Dioxybenzol, m-Dioxybenzol).

Darstellung: Durch Verschmelzen von Benzoldisulfosäure mit Ätzalkalien.[16])

Eigenschaften: Resorcin bildet farblose Tafeln oder kurze dicke Säulen des rhombischen Systems aus Wasser, Alkohol und Äther, aus Benzol erhält man es auch in Nadeln. Schmp. 110—111°, Siedep. 276,5°. Es schmeckt süßlich kratzend. Die wäßrige Lösung reagiert sauer. 100 Teile Wasser von 0° lösen 86,4 Teile Resorcin. 100 Teile Wasser von 12,5° lösen 147,3 Teile Resorcin. 100 Teile Wasser von 30,0° lösen 228,6 Teile Resorcin. Sehr leicht löslich in Alkohol (62 g Alkohol von 90 Vol.% lösen bei 15° 100 g Resorcin) und Äther, schwer in Chloroform, Schwefelkohlenstoff und kaltem Benzol (1 g Resorcin löst sich bei 24° in 435 ccm Benzol). Resorcin ist mit Wasserdampf flüchtig. An der Luft färbt es sich rötlich, mit Eisenchlorid gibt es eine dunkelviolette Färbung, ebenso mit Chlorkalk. Von Bleiazetat wird es nicht gefällt (Unterschied vom Brenzkatechin), aber von Bleiessig. Es reduziert in der Wärme ammoniakalische Silberlösung und Fehlingsche Lösung. Beim Erhitzen mit Phtalsäureanhydrid auf 200° bildet sich Fluorescein, das in alkalischer Lösung starke hellgrüne Fluorescenz zeigt. Diese Reaktion ist zum Nachweis kleiner Mengen von Resorcin sehr geeignet. Mit Salpetersäure erhält man

Trinitroresorcin, gelbe hexagonale Prismen vom Schmp. 175,5°, das in der Sprengstoffindustrie als rauchloses Pulver (Styphninsäure[17])) verwendet wird. Mit salpetriger Säure bildet sich Dinitrosoresorcin (Solidgrün), das eisengebeizte Wolle grün färbt.

Prüfung:[18]) Erwärmt man 0,1 g Resorcin vorsichtig mit 0,2 g Weinsäure und 20 Tropfen Schwefelsäure, so entsteht eine intensiv karminrote Lösung. Weitere Farbreaktionen[19]).

Resorcin kommt kristallisiert und sublimiert in den Handel. Die Handelsprodukte sind ziemlich rein und sollen wenig gefärbt sein, den richtigen Schmelzpunkt besitzen, in Wasser und Äther ohne Rückstand und ohne Färbung löslich sein. Phenol darf in nur Spuren da sein. Zuweilen enthält das Handelsprodukt kleine Mengen Thioresorcin $C_6H_4(SH)_2$(1,3) vom Schmp. 27° und Siedep. 245°. Das Thioresorcin findet sich in dem zwischen 240 und 250° siedenden Anteil und wird aus dessen wäßriger Lösung durch Bleizucker als gelbe Bleiverbindung gefällt. Es besitzt einen charakteristischen merkaptanartigen Geruch. Den Wassergehalt des Resorcins bestimmt man durch Trocknen über Schwefelsäure.

Anorganische Verunreinigungen: 0,5 g Resorcin dürfen beim Verbrennen höchstens 0,5 mg Rückstand hinterlassen. Freie Säure: Löst man 1 g Resorcin in 10 ccm Alkohol und gibt einige Tropfen Lackmoidlösung zu, so erhält man eine rotgefärbte Lösung, die mit 1—2 Tropfen (0,1 ccm) n-NaOH violettblau gefärbt werden muß. Diresorcin: kommt nur im sublimierten Resorcin vor. 1 g Resorcin muß sich in 20 ccm Wasser vollkommen klar auflösen oder nur einen minimalen Rückstand hinterlassen, der sich auf Zusatz von Alkohol vollständig löst. Phenol: die wäßrige Lösung (1:20) darf beim Kochen keinen Phenolgeruch aufweisen.

Quantitative Prüfung[20]).

Verwendung: Die Hauptmenge des Resorcins dient zur Herstellung von Fluorescein, Eosin (Tetrabromfluorescein) und ähnlichen Farbstoffen. Es dient zur Darstellung von Solidgrün (Dinitrosoresorcin) und verschiedener Azofarbstoffe. In der Medizin wird es wegen seiner antiseptischen Eigenschaften verwendet. Seine Verwendung zur Herstellung von Styphninsäure ist bereits oben erwähnt. Über die Verwendung des Resorcins zur Harzsäureveresterung[21]).

Preise: Resorcin technisch 1 kg 5,75 M.; Resorcin kristallisiert D.A.B. 5 1 kg 9 M.; Resorcin chem. rein resubl. 1 kg 20 M.

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen a. Rh. (techn. Resorcin). C. F. Boehringer & Söhne, Mannheim-Waldhof. C. A. F. Kahlbaum, Chem. Fabrik Adlershof-Berlin.

Literatur:

Allgemeine:
Schultz, Die Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, Bd. 1, S. 147ff.
Schwalbe, Benzoltabellen, Berlin 1903, S. 166—168.
Bes. Hinweise s. weiter unten.

3. Hydrochinon (1,4-Dioxybenzol, p-Dioxybenzol).

Darstellung: durch Reduktion von Chinon mit schwefliger Säure. Durch Oxydation von Chinon mit Persulfat zu Oxyphenylschwefelsäure und Zersetzen derselben durch Säure[22]).

Eigenschaften: Hydrochinon ist dimorph, aus wäßriger Lösung erhält man die stabile Form in farblosen hexagonalen langen Prismen, beim Sublimieren die labile Form in monoklinen Blättchen. Schmp. 169°, Siedep. 285°. Es läßt sich unverändert destillieren. Es hat einen schwach süßlichen Geschmack. 100 Teile Wasser lösen bei 15° 5,85 Teile, bei 28,5° 9,45 Teile Hydrochinon. Es ist leicht löslich in Alkohol und Äther, sehr schwer in kaltem Benzol. Alkalische Hydrochinonlösungen bräunen sich an der Luft. Durch Oxydationsmittel wird es in Chinon übergeführt. Beim Erhitzen mit Phtalsäureanhydrid und Schwefelsäure entsteht Chinizarin. Hydrochinon reduziert Silbernitratlösung in der Kälte und Fehlingsche Lösung beim Erwärmen. Eisenchlorid färbt in geringer Menge eine Hydrochinonlösung blau. Die Blaufärbung verschwindet auf weiteren Zusatz und es scheiden sich grünschillernde Kriställchen von Chinhydron ab. Hydrochinon wird weder durch Bleiazetat noch durch Bleiessig gefällt.

Prüfung:[23]) Anorganische Beimengungen: 1 g Hydrochinon darf beim Erhitzen nicht mehr wie 0,5 mg Rückstand hinterlassen. Chinon: Die Hydrochinonkristalle müssen vollkommen farblos sein. Phenol: Die wäßrige Hydrochinonlösung darf durch Eisenchlorid nicht dauernd violett gefärbt werden, beim Kochen darf kein Phenolgeruch auftreten. Schwefelsäure: Die kaltgesättigte Hydrochinonlösung darf durch Bariumchlorid nicht getrübt werden.

Verwendung: Hydrochinon dient in der Photographie als Entwickler. Es wird weiter bei der Farbstoffsynthese verwendet. In der Medizin wird es als antipyretisches und antifermentatives Mittel gebraucht. Es kann auch zum Beizen von Holz zur

Erzielung olivfarbiger Töne verwendet werden.[24])

Preise: Hydrochinon, chemisch rein 1 kg 6 M.

Bezugsquellen: Herzog & Co., Hemelingen b. Bremen; Dr. Heinrich König & Co., Leipzig-Plagwitz.

Literatur:

Allgemeine:
Schultz, Die Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900, Bd. 1, S. 149f.
Schwalbe, Benzoltabellen, Berlin 1903, S. 168—170.
Besondere Literaturhinweise für Dioxybenzole:
1. Ber. chem. Ges. **25**, 3532 (1892).
2. Merck, DRP. 84 828, Friedl. IV, 114.
3. Derselbe, DRP. 71 260, Friedl. III, 848.
4. DRP. 74 493, Friedl. III, 847, Merck. DRP. 69 116, Friedl. III, 847, v. Heyden. DRP. 60 637, Friedl. III, 846, Hähle.
5. DRP. 80 817, Merck.
6. DRP. 97 099.
7. Lunge-Berl, **3**, 942f.
8. Zentrbl. **1898 II**, 1282. Pharm. Zentralh. **39**, 798. Z. anal. Ch. **28**, 252 (1889), **34**, 235 (1895).
9. P. Degener, J. prakt. Chem. (2) **20**, 320 (1879). Lunge-Berl **3**, 943.
10. Phot. Mitt. 1907, 450. Phot. Rundsch. 1912, 325.
11. Seifens. Ztg. 1911 58, 85 u. 121.
12. DRP. 95339, Kalle und 167211, Monnet.
13. DRP. 78 910.
14. DRP. 78 882.
15. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, **1**, 135f.
16. Vgl. Schultz **1**, 147.
17. DRP. 76 511.
18. Lunge-Berl **3**, 985.
19. Zentrbl. **1898 II**, 1282. Pharm. Zentralh. **39**, 798. Mercks Reagentienverzeichnis 1908, 299. Z. anal. Chem. **39**, 56 (1900).
20. P. Degener, J. prakt. Chem. (2) **20**, 322, 324 (1879), Lunge-Berl **3**, 986.
21. Andé, Die Harzprodukte, 1905, S. 285ff.
22. DRP. 81 068, E. Schering. Friedl. IV, 126.
23. Lunge-Berl **3**, 961.
24. Seifens. Ztg. 1911, 58, 85 u. 121.

H. Schladebach.

Diphenal s. Photogr. Materialien C, 7.

Diphenylamin: $C_6H_5.NH.C_6H_5$. Mol. Gew. 169,158.

Darstellung: Durch Erhitzen von Anilin und salzsaurem Anilin im Autoklaven auf 210—240°.

Eigenschaften: Diphenylamin bildet monokline farblose Blättchen vom Schmp. 54°, Siedep. 310°. Es ist fast unlöslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol, Äther, Benzol. Es riecht blumenartig angenehm und schmeckt brennend. Durch Spuren von Salpetersäure, Chlorsäure, Kaliumpermanganat, Wasserstoffsuperoxyd, Bromwasser und anderen oxydierenden Körpern wird eine Lösung von Diphenylamin in konzentrierter Schwefelsäure blau gefärbt. Das Wasserstoffatom der Imidgruppe ist durch Alkohol- oder Säureradikale ersetzbar. Man erhält durch den Ersatz durch eine Alkylgruppe z. B. Methyl- oder Äthyldiphenylamin. Das Azetylderivat des Diphenylamins schmilzt bei 103°. Salpetrige Säure erzeugt ein Nitrosamin, das sich in alkoholischer Salzsäure in Nitrosodiphenylamin umlagert. Salpetersäure gibt Hexanitrodiphenylamin. Diphenylamin ist eine sehr schwache Base, deren Salze durch Wasser leicht zerlegt werden. Das Chlorhydrat kristallisiert in weißen Nadeln, die an der Luft schnell blau werden.

Prüfung:[1]) Das Handelsprodukt soll eine feste, schwach gelb gefärbte Masse darstellen und nicht schmierig sein, es muß den richtigen Schmp. besitzen und darf nicht unangenehm riechen. An der Luft darf es sich nicht schnell bräunen. Auf Anilin prüft man durch Schütteln der pulverisierten Substanz mit Chlorkalklösung, wobei keine Violettfärbung auftreten darf.

Quantitative Bestimmung[2]): nach Dreger als Tetrabromdiphenylamin[3]).

Verwendung: Diphenylamin wird zur Darstellung von orangegelben Azofarbstoffen und von Triphenylmethanfarbstoffen verwendet.

Preise: Diphenylamin rein kristallisiert 100 g 1,10 M., 1 kg 10 M.; Diphenylamin techn. 100 kg 400 M., 1 kg 4,40 M.

Bezugsquellen: Dr. L. C. Marquart, Beuel-Bonn. C. A. F. Kahlbaum, Chem. Fabrik Adlershof b. Berlin.

Literatur:

G. Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, Braunschweig 1900 **1**, 99ff.
Bes. Hinweise:
1. Lunge-Berl **4**, 626.
2. Dieselben, **3**, 116.
3. Z. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen **4**, 123 (1909).

H. Schladebach.

Diplolithplatten s. Steine V, N.
Dissougas s. Azetylen.
Distemperfarben s. Eiweiß 3.
Dividivi s. Gerbstoffe 11.
Dochtbeize s. Borsäure.
Döglingtran, Konstanten s. Fette II, A.
Dolomit s. Steine II, B, 3; II, X, 2; Farbstoffe I, 27.
Dolomitkalk s. Steine V, A, 5, c.
Dolomitmarmor s. Steine II, X, 2.
Dolomitzement s. Steine V, A, 5, d; auch III, 10.

Donarit s. Sprengstoffe V, 7.
Doppelfluat s. Steine V, K.
Dörings Putz s. Steine V, L, 3.
Dorschlebertran, Konstanten s. Fette II, A.
Drachenblut s. Farbstoffe I, 28.
Drahtziegelgewebe s. Steine V, L, g.
Dravit s. Steine I, 24.
Drell s. Textilien C, II, 4.
Dreßlers Reformputz s. Steine V, L.
Drillo s. Gerbstoffe 9.
Drittelsilber s. Silberlegierungen 1.
Druckgrün s. Farbstoffe I, 21.
Dümontsblau s. Farbstoffe I, 84.
Düngemittel s. z. B. Ammoniumsulfat, Kaliumchlorid, Kaliumphosphate, Kaliumsilikat, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Manganoxyde 5, Natriumnitrat.
Dulzin s. Zucker 6, Ersatzstoffe.
Duotal s. Dioxybenzole 1.
Duralumin s. Legierungen III.
Durament s. Steine III, 10, D.
Duranametall s. Legierungen I, C, 5.
Duroplatten s. Steine V, H.
Durutol s. Fette II, H.
Dux-Durabel s. Steine V, A, 7.
Dynamidon s. Aluminiumoxyd.
Dynamit s. Sprengstoffe V, 6.
Dynamoöle s. Fette I, 10.
Dysodil s. Brennstoffe 3.
Dysoidlagermetall s. Legierungen I, a.
Dysprosium s. Seltene Erden.

E

Eau céleste s. Desinfektionsmittel 54.
Eau de Javelle s. Kaliumhypochlorit; Desinfektionsmittel 44.
Eau de Labarraque s. Kaliumhypochlorit, Desinfektionsmittel 44.
Ebenholz s. Holz VII, 42.
Eberesche s. Holz VII, 12.
Eberhardtbronze s. Legierungen I, b.
Ebonit s. Kautschuk.
Ecarlet s. Farbstoffe I, 73.
Echappés s. Anilin.

Edelgase (seltene Gase der Atmosphäre). Unter dieser Bezeichnung faßt man die Elemente: Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon zusammen. Hierzu kommen noch die „radioaktiven Emanationen" der drei radioaktiven Zerfallsreihen, nämlich die Radiumemanation, auch Niton genannt, die Thoriumemanation und die Aktiniumemanation. Diese Gase unterscheiden sich von allen anderen Elementen dadurch, daß sie keine chemischen Verbindungen eingehen: sie sind nullwertig. Ferner sind sie alle einatomig. Beschränkte technische Verwendung haben bisher Helium, Argon und Neon gewonnen.

Auf der Erde kommen die Edelgase in der Luft vor, außerdem aber in nicht unbeträchtlicher Menge in vielen Mineralquellen und zum Teil auch in Mineralien. Folgende Tabelle gibt den Prozentgehalt der Luft an Edelgasen an:

	Nach Volumen	Nach Gewicht
Ar	0,932	1,285
Ne	0,0015	0,001
He	0,0005	0,00007
Kr	0,000005	0,000014
X	0,0000006	0,0000025

Außerhalb der Erdatmosphäre findet sich Helium in den Protuberanzen, der Chromosphäre und in den Flecken der Sonne, sowie in gewissen Sternen. Die anderen Edelgase sind dagegen außerirdisch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden.

Die Löslichkeit der Edelgase in Wasser nach A. von Antropoff[15]):

t	Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon
0	0,0097	0,0114	0,0578	0,1105	0,242
10	0,0099	0,0118	0,0452	0,0310	0,174
20	0 0100	0,0147	0,0374	0,0626	0,123
30	0,0101	0,0155	0,0326	0,0511	0,098
40	0,0103	0,0217	0,02 6	0,0433	0,082
50	0,0108	0,0322	0,0257	0,0383	0,073
60	—	—	—	0,0357	—

Unter „Löslichkeit" ist hier der Absorptionskoeffizient (β) verstanden, d. h. das Volumen des auf Normalbedingungen reduzierten Gases in ccm in einem g des Lösungsmittels.

1. Helium. Chemisches Element, Zeichen: He. Atomgew. 3,99 gleich dem Molekulargewicht. Gewicht des Normalliters 0,1782 g Dichte bez. auf 0 = 16: 1,995[1]). Gasförmig, farblos, geruchlos, geschmacklos. Der *Verflüssigungspunkt*, also die kritische Temperatur liegt bei 5,25° abs., entsprechend einem kritischen Drucke von 2,26 atm[2]).

Siedepunkt 4,25° (abs.)[2]);

Dichte bei 4,33° (abs.) 0,1208, bei 1,47° (abs.) 0,1452 mit einem Maximum bei etwa 2,34° (abs.)

Spezifische Wärme: c_p = 1,2504 ± 0,0222. Thomas[3]); 1,2662 ± 0,0011 Eggert[4]). Der Wert von Eggert ist sicherer. Zwischen —15° und +150° ändert er sich nicht. Für die Atomwärme folgt dann 3,99 × 1,2662 = 5,06.

Wärmeleitung nach Eucken[5]) $k \times 10^7$: T = 373°: 3984; T = 273:3340; T = 194,6 : 2631; T = 80,3 : 1456.

Innere Reibung nach Schierloh[6]) $\eta \times 10^7$ (korrigierter Reibungskoeffizient) bei 18,7°: 1980, bei 99,8° : 2337, bei 183,7°: 2681. Nach Schmitt[7]) $\eta \times 10^7$ bei 17,6°: 1967, bei —60,9°: 1587, bei —78,5°: 1506; bei —193,2°: 894,7.

Lichtbrechung: Für den Wert von $\mu - 1$ für reines Helium fanden Ramsay und Travers[8]) den Wert 0,1238 für weißes Licht. Setzt man μLuft = 1,000292, so folgt μ_{He} = 1,0000361.

Spektrum: Helium leuchtet in der Entladungsröhre mit hellem, gelben Licht. Dieses Spektrum ist sehr glänzend und charakteristisch, aber die Empfindlichkeit des Nachweises ist im Gemische mit anderen Gasen nur gering. Nach Collie und Ramsay[9]) sind noch zu erkennen:

10 T. Helium in 100 T. Wasserstoff.
10 T. Helium in 100 T. Stickstoff.
25 T. Helium in 100 T. Argon.

Die 7 Hauptlinien des sichtbaren Spektrums haben nach Rayleigh[10]) folgende Wellenlängen in AE: 7065,2, 6678,15, 5875,625, 5015,68, 4921,93, 4713,144, 4471,482.

Löslichkeit: In Alkohol und Benzol ist Helium nach Ramsay, Collie und Travers[11]) vollkommen unlöslich. In Wasser ist die Löslichkeit gering, s. o. die Tabelle u.[12—15]). — Die Löslichkeit in flüssigem Sauerstoff ist nach Ramsay und Travers etwa 80 Teile auf 100 bei —205°. Eine kleine Menge Argon im Sauerstoff erhöht die Löslichkeit bedeutend. In festen und flüssigen Metallen konnte ein Lösungsvermögen nicht endgültig festgestellt werden (Siewerts und Bergner[16])). — Nach Cameron und Ramsay[17]) wird Helium von Glas- und Quarzkapillarröhren in geringer Menge absorbiert, nach Jaquerod und Perrot[18]) auch durch Platin.

Magnetische Eigenschaften: Helium ist schwach diamagnetisch. Setzt man die Suszeptilität des Sauerstoffs = +0,123 × 10^{-6}, so ist der Wert für Helium —0,00175 × 10^{-8}.

Elektrische Eigenschaften: Helium ist auffallend durchlässig für elektrische Ladungen. Bei sonst gleichen Bedingungen beträgt die Strecke, die der Funke gerade noch überspringt, für Helium 250—300 mm; dagegen für Wasserstoff 39 mm, Luft 33 mm, Sauerstoff 23 mm. Elster und Geitel[19]) konstruierten sehr empfindliche photoelektrische Zellen mit Kalium-Heliumfüllung. Nach Chrisler[20]) kommt die Wirkung aber kaum dem Helium, sondern gleichzeitig anwesendem Wasserstoff zu. Heliumröhren, oder besser Helium-Natriumröhren, werden als Indikatoren für elektrische Wellen benutzt (Dorn[21])). Solche Röhren werden z. B. von F. Götze, Leipzig, in den Handel gebracht.

Verwendung s. u.

2. Neon: Chemisches Element, Zeichen: Ne. Atomgewicht 20,20 gleich dem Molekulargewicht. Gewicht des Normalliters 0,9002 g, Dichte bez. auf 0 = 16: 10,096[22]). Gasförmig, farblos, geruchlos.

Die *kritische Temperatur* wurde berechnet von Rankine zu 62,7° und 61,1° abs.[23]), von Cuthbertson[24]) zu 46° abs. Kamerlingh Onnes und Crommelin[25]) fanden experimentell einige Grade unterhalb 55° abs.

Spezifische Wärme: ist experimentell noch nicht bestimmt. Ramsay[26]) fand $\frac{c_p}{c_v}$ = 1,642; daraus berechnet sich c_p = 0,149 und c_v = 0.247.

Wärmeleitung: β = 0,28. Nach Soddy und Berry[27]) ist die ausgestrahlte Energie bis etwa 0,06 mm dem Druck prop. Sie nimmt dann zu und erreicht bei etwa 1,5 mm einen konstanten Wert.

Innere Reibung nach Rankine[28]) $\eta \times 10^7$ bei 0°: 2981, nach Schmitt[29]) $\eta \times 10^7$ bei 0°: 3001. Der Wert von Schmitt ist genauer.

Lichtbrechung: Ramsay und Travers fanden für den Wert von $\mu - 1$ (bez. auf Luft = 1) den Wert 0,2345 für weißes Licht. Setzt man μ_{Luft} = 1,000 292, so folgt μ_{Ne} = 1,0000685. Der Wert für die Atomrefraktion ist nach Cuthbertson[31]): 0,995.

Spektrum: Neon leuchtet in der Entladungsröhre mit sehr charakteristischer glänzend-orangeroter Farbe. Die Spektrallinien sind besonders im roten und gelben Teil ausgeprägt. Die meisten Linien sind gemessen worden von Baly, Watson, Liveing und Dewar[32]). Die Löslichkeit des Neons in Wasser s. o. die Tabelle u. [15])[33]).

Verwendung s. u.

3. Argon: Chemisches Element, Zeichen: Ar, Atomgewicht 39,945[34]) gleich dem Molekulargewicht. Volumgewicht (Dichte) bez. auf 0 = 16: 19,94[34]). Gasförmig, farblos, geruchlos, geschmacklos.

Schmelzpunkt nach Olszewski[35]) —189,6°; nach Ramsay und Travers[30]) —187,9°; nach Crommelin[36]) —189,3°. Der kritische Druck und die kritische Temperatur liegen nach Ramsay und Travers[30]) bei 52,9 atm, und —117,4°; nach Crommelin[36]) bei 47,996 atm und —122,44°. Die Angaben von Crommelin sind zuverlässiger.

Siedepunkt —185,84°[36]). Dichte bei —183,15° 1,37396, bei —125,17° 0,77289[37]).

Spezifische Wärme: $c_p = 0{,}1252$[38]), Dittenberger, korrigiert von Moody $c_v = 0{,}0746$, Pier[39]).

Wärmeleitung nach Eucken[5]). $k \times 10^7$. T = 373°: 388 × 1,311, T = 273°: 388, T = 194,6°: 388 × 0,750; T = 90,4°: 388 × 0,366.

Innere Reibung nach Schierloh[6]) $\eta \times 10^7$; bei 12,7°: 2203, bei 99,7°: 2751, bei 183,3°: 3243. Nach Schmitt[7]) $\eta \times 10^7$: bei 13,17°: 2207,0, bei —60,9°: 1696,6, bei —78,82°: 1574,6, bei —132,30°: 1106,1.

Lichtbrechung: Für reines Argon fanden Ramsay und Travers[40]) für $\mu - 1$ den Wert 0,9665. Für $\mu_{Luft} = 1{,}000292$ folgt $\mu = 1{,}000282$. Atomrefraktion = 4,13.

Spektrum: Argon leuchtet in der Entladungsröhre je nach dem Druck mit verschiedener Farbe, bei etwa 3 mm Druck rot[41]), bei geringerem Druck blau und bei sehr starken Entladungen und höherem Druck weiß[42]). Nach Collie und Ramsay sind noch zu erkennen:

1 Teil Argon in 2000 Teilen Helium,
25 Teile Helium in 100 Teilen Argon,
1 Teil Stickstoff in 1250 Teilen Argon,
37 Teile Argon in 100 Teilen Stickstoff.

Löslichkeit von Argon in Wasser: s. o. die die Tabelle u.[12])[15]). In festen und flüssigen Metallen ist Argon unlöslich[16]).

Magnetische Eigenschaft: Argon ist schwach diamagnetisch. Setzt man die Suszeptibilität (k) des Sauerstoffs = $+0{,}123 \times 10^{-6}$ abs. Einheit, so ist für Argon k = $-0{,}00953 \times 10^{-6}$.

Elektrische Eigenschaften: Die photoelektrische Empfindlichkeit[43]) des Argons ist bei höheren Spannungen noch größer, als beim Helium. Elster und Geitel[19]) benutzen Argonröhren in photoelektrischen Zellen, Koch[44]) in seinem registrierenden Mikrophotometer.

Verwendung s. u.

4. Krypton: Chemisches Element, Zeichen: Kr. Atomgewicht = 83 gleich dem Molekulargewicht. Litergewicht = 3,709 g[30]). Gasförmig, farblos, geruchlos.

Schmelzpunkt 104° abs.

Siedepunkt 121,33° abs.

Kritische Temperatur 210,5°.

Kritischer Druck 54,3 atm.

Die *spezifische Wärme* ist experimentell noch nicht bestimmt worden. Berechnet wurde $c_v = 0{,}0362$ und $c_p = 0{,}0603$[47]).

Innere Reibung: $\eta \times 10^7$ nach Rankine[48]) bei 0°: 2334, nach Schmitt[7]) bei 0°: 2351.

Lichtbrechung: Für weißes Licht fanden Ramsay und Travers[30]) $\mu - 1 = 1{,}450$. Für $\mu_{Luft} = 1{,}000292$ folgt $\mu_{Kr} = 1{,}000423$. Atomrefraktion = 6,22.

Spektrum: Die Emission im Entladungsrohr ist grünlich bis violett. Krypton liefert zwei Spektren[49]). Charakteristisch für Krypton sind eine gelbe Linie $\lambda = 5871$ und eine grüne Linie $\lambda = 5570$. Zu erkennen sind noch[50]):

1 T. Krypton in 7 900 T. Luft,
1 T. „ „ 1 250 000 T. Sauerstoff,
1 T. „ „ 67 T. Wasserstoff,
1 T. „ „ 7 150 T. Argon,
1 T. „ „ 2 860 000 T. Helium.

5. Xenon: Chemisches Element, Zeichen: X. Atomgewicht: 130,82, resp. 130,17[51]) gleich dem Molekulargewicht. Litergewicht: 5,842 g. Gasförmig, farblos, geruchlos.

Kritische Konstanten nach Ramsay und Travers[30]) $T_k = 287{,}75°$; $p_k = 57{,}2$ atm. Nach Patterson, Cripps und Gray[52]) $T_k = 289{,}6°$, $p_k = 58{,}2$ atm. Siedep. = —106,9°, Dichte bei —106,9°: 3,063, bei —66,8°: 0,059, bei 0°: 0,421, bei +16°: 0,844.

Die *spezifische Wärme* ist experimentell noch nicht bestimmt. Berechnet wurde $c_v = 0{,}023$ und $c_p = 0{,}0384$[53]).

Innere Reibung: $\eta \times 10^7$ nach Rankine[28]) bei 0°: 2107; nach Schmitt[29]) bei 0°: 2121.

Lichtbrechung: Für weißes Licht fanden Ramsay und Travers[30]) für $\mu - 1$ den Wert 2,364. Für $\mu_{Luft} = 0{,}000292$ folgt $\mu_X = 1{,}00069$. Atomrefraktion = 10,1.

Spektrum: Xenon liefert zwei Spektren[49]). Das erste ist relativ linienarm, das zweite ist sehr linienreich. Die Farbe der leuchtenden Kapillaren ist schwach violett bzw. himmelblau.

Die *Löslichkeit* von Xenon in Wasser s. o. die Tabelle u. [15]).

Technische Verwendung der Edelgase: Das Argon dient ebenso wie der Stickstoff zur Füllung von elektrischen Lampen mit Wolframleuchtkörper. Die Gasfüllung schränkt die Verdampfung des Wolframs und somit das „Beschlagen" der Lampenwandung ein, erhöht die Lebensdauer der Lampe und gestattet eine höhere Beanspruchung. Um jedoch den Energieverlust durch Wärmeableitung, den die Gasfüllung mit sich bringt, möglichst zu verringern, muß der Leuchtkörper eine besondere Form haben, eine auf kleinen Raum zusammengedrängte Spiralwicklung. Solche Lampen können bei erheblicher Lebensdauer mit 0,5 W auf die Kerze belastet werden (Halbwattlampe). Dem Stickstoff überlegen ist als Füllung das Argon wegen seiner geringeren Wärmeleitfähigkeit, doch ist das reine Argon nicht imstande, den Beschlag ganz zum Verschwinden zu bringen, auch neigen die mit diesem Gase gefüllten Lampen zur Bildung eines Lichtbogens zwischen den Elektroden, wodurch die Anfertigung von Hochvoltlampen erschwert wird, Nachteile, die durch Beimischung schon von geringen Mengen Stickstoff vermieden werden können [54]). Dieselbe Wirkung, wie der Stickstoff, haben auch kleine Mengen Phosphordampf in der Lampe [55]).

Die Verwendung von Neon und Helium in Entladungsröhren für Beleuchtungszwecke kommt technisch in Frage, seitdem das Gemisch dieser beiden Edelgase im Raumverhältnisse 3 : 1 ein wohlfeiles Nebenprodukt der industriellen Luftverflüssigung bildet. Die Wirkungsweise solcher Lampen ist die der Cooper-Hewittschen Quecksilberdampflampe, mit der Abänderung, daß an Stelle der Quecksilberdampfsäule eine praktisch metalldampffreie Edelgassäule mit dem ihr eigenen glänzenden Lichte zum Leuchten gelangt, wobei zunächst das zu flüchtige Quecksilber durch ein Alkalimetall ersetzt wurde [56]). Vollkommenere Neonbogenlampen stellte in den Jahren 1912—1915 Skaupy [57]) her, indem er das kathodische Alkalimetall mit Schwermetallen legierte. Fr. Schröter [58]) verwendet metallisches Thallium, das mit etwas Kadmium legiert ist. Derartige Lampen werden von der Julius Pintsch A.G. Berlin hergestellt. Sie strahlen ein intensives gelb-rotes Licht aus und verbrauchen für jede senkrecht zur Achse des Leuchtrohres gemessene HK nur 0,5 W. Diese Lampe soll hauptsächlich für Reklamezwecke dienen. Hohe Reinheit des Neons ist die Grundbedingung für die Wirksamkeit dieser Lampe. Schon geringe, unter $^1/_{10}$% betragende Spuren von Gasen höherer Elektronenaffinität drücken die Strahlung sehr stark herab. Während die Neonbogenlampe eine ausgesprochene Starklichtquelle ist, handelt es sich bei einer zweiten Neuerung, die die Julius Pintsch A.-G. bereits auf den Markt bringt, um eine kleine Lampe von geringer Lichtstärke bei sehr geringem Wattverbrauch, die hauptsächlich als Signal- und Kontrollampe Verwendung findet. (Schalterkontrollampen, Lampen für Notausgänge, Feuermelder, Lösch- und Rettungsapparate, für Bergwerke, Tunnels, Kinotheater, Reklameschilder, Lichtsignale in Hotels, Nachtlampen). Elektrische Entladungen von sehr geringer Stromstärke, die als sog. „Glimmentladung" zwischen dicht beieinander stehenden Elektroden übergehen, bilden das Grundprinzip dieser „Glimmlampe". Die Glimmentladung setzt beim Eintritt der geringsten Spuren von Luft oder anderen Gasen aus [59]).

Herstellung und Bezugsquellen: Im großen wird dargestellt ein Rohgemisch aus Argon und Stickstoff, das ungefähr 40% Argon, 10% Stickstoff und 50% Sauerstoff enthält. Für die Zwecke der Füllung elektrischer Lampen muß der Sauerstoff und jede Spur von Wasserdampf sorgfältig entfernt werden. Die Darstellung geschieht durch fraktionierte Destillation verflüssigter Luft. Darstellerin ist die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen in München und deren Tochtergesellschaften.

Das Gemisch von Helium und Neon, welches zuerst von Claude in Paris hergestellt wurde, wird jetzt von der Chemischen Fabrik Griesheim Elektron geliefert. Die Darstellung geschieht ebenfalls durch fraktionierte Destillation flüssiger Luft. Das käufliche Gasgemisch enthält ungefähr 75% Ne und 25% He. Für manche Zwecke, bei denen das rote Licht besonders hervortreten soll, muß das Neon noch angereichert werden. Der technische Bedarf an Neon-Helium ist ein geringer, da das Gasgemisch unter 2—3 mm Druck Verwendung findet, während die Argonlampen unter Atmosphärendruck stehen, also viel mehr Gas verlangen.

Der Kubikmeter des Argon-Rohgemisches kostete vor dem Kriege etwa 50 M. auf den Argongehalt bezogen, der Liter des Neon-Heliumgemisches 60 M.

Besonders in Amerika sind während des Krieges weitgehende Versuche gemacht worden, um Helium als nicht brennbares, wenn auch etwas schwereres Gas an Stelle

des Wasserstoffs zur Füllung der Ballons von Luftschiffen zu benutzen. Zur Gewinnung des Heliums dienen in Amerika ergiebige heliumreiche Gasquellen [60–63]).

Literatur:

Eine erschöpfende Behandlung finden die Edelgase in: „Die Edelgase" von Sir William Ramsay und Dr. George Rudorf, Leipzig, Akad. Verlagsges. m. b. H. 1918, Bd. II des Handb. d. allgem. Chem., herausgegeb. v. Wilh. Ostwald u. Carl Drucker.

1. W. Ramsay u. M. W. Travers, Proc. Roy. Soc. **62,** 316 (1898). H. E. Watson, Journ. Chem. Soc. **97,** 810 (1910).
2. H. Kamerlingh Onnes, Comm. Leyden. Laborat. **108** u. 124b; Auszug in Chem. Ztg. **32,** 901 (1908).
3. R. Thomas, Best. d. spezif. Wärme von Helium u. die Atomwärme von Argon u. Helium, Diss. Marburg 1905,
4. A. Eggert, Best. d. spezif. Wärme des Heliums bei verschiedenen Temp. u. Unters. ihrer Beziehung zur kinet. Theorie einatom. Gase, Diss. Marburg 1910.
5. A. Eucken, Phys. Z. **12,** 1101 (1911).
6. J. F. Schierloh, Über d. Koeffiz. d. inneren Reibung von reinem Argon u. reinem Helium, Diss. Halle 1908.
7. K. Schmitt, Ann. d. Phys. **30,** 393 (1909).
8. W. Ramsay u. M. W. Travers, Proc. Roy. Soc. **62,** 316 (1898).
9. J. N. Collie u. W. Ramsay, Proc. Roy. Soc. **59,** 257 (1896).
10. Lord Rayleigh, Phil. Mag (VI) **15,** 548 (1908).
11. W. Ramsay, J. N. Collie u. M. W. Travers, Journ. Chem. Soc. **67,** 684 (1895).
12. T. Estreicher, Ztschr. f. physik. Chem. **31,** 176 (1899).
13. C. J. J. Fox, Trans. Faraday Soc. **5,** 68 (1909).
14. L. W. Winkler, Ztschr. f. physik. Chem. **55,** 344 (1906).
15. A. v. Antropoff, Z. f. Elektrochem. **25** (1919) 269.
16. A. Sieverts u. E. Bergner, Ber. d. d. chem. Ges. **45,** 2576 (1912).
17. A. T. Cameron u. W. Ramsay, Journ. Chem. Soc. **91,** 1266; Jahrb. d. Radioakt. **4,** 253; Le Radium **4,** 394 (1907).
18. A. Jaquerod u. F. L. Perrot, Compt. rend. **140,** 1542 (1905).
19. J. Elster u. H. Geitel, Phys. Ztschr. **12,** 609, 758 (1911); **13,** 468, 739, 852 (1912).
20. V. L. Chrisler, Physic. Rev. **27** (II), 269 (1908).
21. E. Dorn, Ann. d. Phys. **16,** 784 (1905); Ann. d. Phys. **20,** 127 (1906).
22. H. E. Watson, Journ. Chem. Soc. **97,** 810, (1910). F. W. Aston, Proc. Roy. Soc. **89,** 439 (1913).
23. A. O. Rankine, Proc. Roy. Soc. **84,** 181; Physik. Ztschr. **11,** 745 (1910); Phil. Mag. (VI) **21,** 45 (1911).
24. C. Cuthbertson, Phil. Mag (VI) **21,** 69 (1911).
25. H. Kamerlingh Onnes u. C. A. Crommelin, Leyden Comm. 121c.
26. W. Ramsay, Proc. Roy. Soc. **86,** 100 (1912).
27. F. Soddy u. A. J. Berry, Proc. Roy. Soc. **83,** 254 (1900).
28. A. O. Rankine, Proc. Roy. Soc. **83,** 516 (1910).
29. K. Schmitt, Ann. d. Phys. **30,** 393 (1909).
30. W. Ramsay u. M. W. Travers, Proc. Roy. Soc. **67,** 329 (1900); Phil. Trans. **197,** 47, Ztschr. f. phys. Chem. **38,** 641 (1901).
31. C. u. M. Cuthbertson, Proc. Roy. Soc. **83,** 149 (1909); Proc. Roy. Soc. **84,** 13 (1910).
32. E. C. C. Baly, Proc. Roy. Soc. **72,** 84; Phil. Trans. **202,** 183; Phys. Ztschr. **4,** 799 (1903). H. E. Watson, Proc. Cambr. Phil. Soc. **16,** 130; Astrophys. J. **33,** 399 (1911). G. D. Liveing u. J. Dewar, Proc. Roy. Soc. **67,** 467 (1900).
33. A. v. Antropoff, Proc. Roy. Soc **83,** 474 (1910).
34. W. Ramsay, Proc. Roy. Soc. **76,** 111 (1905). H. Schultze, Ann. d. Phys. **48,** 269 (1915).
35. K. Olszewski, Proc. Roy. Soc. **57,** 290; Phil. Trans. **186,** 253; Ztschr. f. phys. Chem. **16,** 380; Chem. News **71,** 59 (1859).
36. C. A. Crommelin, Leyden Comm. 115, Leyden Comm. 118a.
37. Mathias, Kamerlingh Onnes u. Crommelin, Compt. rend. **156,** 129 (1913); Comm 131a.
38. W. Dittenberger, Über die spezifische Wärme des Argons, Diss. Halle 1897. Moody, Phys. Ztschr. **13,** 383 (1912).
39. M. Pier, Ztschr. f. Elektrotechn. **15,** 536 (1909).
40. W. Ramsay u. M. W. Travers, Proc. Roy. Soc. **62,** 225 (1897).
41. W. Crookes, Phil. Trans. **166,** 243; Ztschr. f. phys. Chem. **16,** 370 (1895).
42. J. M. Eder u. E. Valenta, Monatsh. **16,** 893 (1895); Beitr. z. Photochemie usw. 214. H. Kayser, Chem. Ztg. **19,** 1549; Chem. News **72,** 89 (1895).
43. H. Dember, Ann. d. Phys. **20,** 379 (1906).
44. P. P. Koch, Ann. d. Phys. **39,** 705 (1912); **40,** 797, **41,** 115 (1913).
45. A. Schuster, Nature **58,** 199, 269 (1899).
46. G. Rudorf, Ann. d. Phys. **29,** 751 (1909).
47. W. Ramsay u. M. W. Travers, Proc. Roy. Soc. **63,** 405; Ztschr. f. phys. Chem. **26,** 362; C. R. **126,** 2610 (1898).
48. A. O. Rankine, Proc. Roy. Soc. **84,** 181; Phys. Ztschr. **11,** 745 (1918).
49. C. Runge, Nature **59,** 29 (1898). E. C. C. Baly, Proc. Roy. Soc. **72,** 84; Phil. Trans. **202,** 183; Phys. Ztschr. **4,** 799 (1903).
50. W. Ramsay, Proc. Roy. Soc. **58,** 65 (1895).
51. R. W. Gray u. F. P. Burt, Journ. Chem. Soc. **26,** 82 (1909).
52. H. S. Patterson, R. S. Cripps u. R. W. Gray, Proc. Roy. Soc. **86,** 579 (1912).
53. W. Ramsay, Proc. Roy. Soc. **86,** 100 (1912).

54. DRP. 289 543 der AEG.; Ztschr. f. Beleuchtungsw. **22**, 51 (1916).
55. DRP. 289 625 der AEG.
56. Cooper-Hewitt, Amerik. Pat. 682 690 (1901); 814 695 (1906).
57. Skaupy, DRP. 286 753.
58. Fr. Schröter, Ztschr. f. Elektroch. **24**, 132 (1918); Ztschr. f. Beleuchtungsw. **24**, 87 (1918).
59. Otto Schaller, Ztschr. f. Elektroch. **24**, 131 (1918).
60. Technische Erzeugung von Helium aus Naturgas für Luftschiffe, Chem. Metallurg. Engin. **20**, 104 (1919); Eng neering **107**, 574 (1919); Ref. in Z. angew. Chem. **32**, 736 (C) (1919).
61. Gohlke, Industrielles Helium und Luftschiffahrt. Umschau **23**, 487 (1919).
62. Frederick G. Cottrell, Die industrielle Erzeugung von Helium, Chimie et Industrie **2**, 525 (1919); Chem. Zentralbl. **1919**, IV, 177, 535.
63. Fr. Schröter, Die techn. Bedeutung d. Edelgase, Technik u. Industrie **1919**, 233.

R. J. Meyer.

Edelsteine s. Steine I.
Edinol s. Photogr. Materialien C, 8.
Eggertbauweise s. Steine V, C.
Ehrhardtbronze s. Legierungen VI.
Eibe s. Holz VII, 43.
Eiche s. Holz VII, 4; Gerbstoffe 7.
Eichenrinde s. Gerbstoffe 1.
Eieralbumin s. Eiweiß 1 u. 2.
Eieröl, Konstanten s. Fette II, A.
Eikonogen s. Photogr. Materialien C, 9.
Eireol s. Steine V, M.
Eironit s. Steine V, K.
Eis s. Wasser I, 1.
Eischloroform s. Chloroform.

Eisen und Stahl. Eisen lat.: ferrum; griech.: σίδηρος; franz.: fer; engl.: iron. Stahl: lat.: chalybs; griech.: χάλυψ; franz.: acier; engl. steel.

Seite
A. Das Eisen als chemisches Element 194
B. Eisen und Stahl als Werkstoff . . 197
I. Allgemeines. Materialprüfung . . 197
II. Flußeisen und Flußstahl . . . 221
III. Gußeisen und Gußstahl . . . 245
IV. Schweißeisen 266
V. Werkzeug- und Spezialstähle (Sonderstähle) 272
VI. Chemische Analyse 293
VII. Wirtschaftliches 305

A. Das Eisen als chemisches Element.

Eisen: lat.: Ferrum; franz.: fer; engl.: iron. Element. Chemisches Zeichen Fe, Atomgewicht 55,84; Molekulargewicht 111,68.

In reinem Zustande wird Eisen durch Reduktion von Eisenoxyd oder Eisenoxalat mit Wasserstoff bei niedriger Temperatur (unterhalb 440°) erhalten. Es bildet dann ein schwarzes, an der Luft selbstentzündliches (pyrophores) feines Pulver, das beim Erhitzen in einer indifferenten Atmosphäre oder im Vakuum seine Selbstentzündlichkeit verliert und dabei grau wird. Bei einer Reduktionstemperatur von etwa 700° werden (nicht pyrophore) feine Eisenkriställchen des regulären Systems (Oktaeder) erhalten. Reines Eisen bildet selten wohlausgebildete Kristalle. Die Gefügebestandteile von reinem kompakten Eisen (auch Ferrit genannt) bestehen aus unregelmäßig geformten Körnern mit vielfach geradlinig verlaufenden Begrenzungslinien. Elektrolyteisen besitzt in dünner Schicht eine schöne graue Farbe; in dickerer Schicht ist es hellgrau. Wie Schwefel, Phosphor, Zinn bildet reines Eisen mehrere allotrope Modifikationen, die durch Erwärmen auf bestimmte Temperaturen ineinander übergeführt werden können. Nach Osmond unterscheidet man folgende 4 Zustandsformen des Eisens:

1. α-Eisen unterhalb 768° C;
2. β-Eisen von 768—898° C;
3. γ-Eisen von 898—1401° C;
4. δ-Eisen von 1401—1529° C.

Läßt man geschmolzenes reines Eisen allmählich erkalten, und trägt die zusammengehörigen Temperaturen und Zeiten als Ordinaten und Abszissen auf, so erhält man eine Abkühlungskurve, die außer beim Erstarrp. auch noch bei den niedrigeren Temperaturen Unterbrechungen des gleichmäßigen Verlaufs zeigt; diese beruhen auf Wärmeentwicklungen infolge molekularer Umlagerungen, d. h. auf Vorgängen, die die Übergänge von einer allotropen Form des Eisens in eine andere anzeigen. Schmp. 1529°; Sdp. 2450°.

Spez. Gew. 7,88. Härte (nach Brinell): 80. Das durch Elektrolyse von Ferrosulfat- oder Ferrochloridlösungen in Gegenwart von Ammoniumsalzen oder hygroskopischen Salzen wie Kalziumchlorid erhaltene Elektrolyteisen (DRP. 212994 und 228893) enthält neben Spuren von Kupfer und Phosphor noch geringe Mengen Wasserstoff, der eine gewisse Härte des Metalls bedingt. Beim Ausglühen im Vakuum bei einer Temperatur von etwa 700° wird es weich, so daß es sich wie Blei mit dem Messer schneiden läßt. So erhaltenes Eisen hat die Härte 4,5 und ist sonach das härteste der duktilen Metalle. Es hat hierbei seine Sprödigkeit verloren und die Farbe des Platins angenommen. Es läßt sich biegen und falzen. Elastizitätsmodul 20000—22000 kg/qmm; Fließgrenze 18 kg

/qmm; Zugfestigkeit 28 kg/qmm. Bruchdehnung 35%. Schreckt man die allotropen Formen des reinen Eisens bei Temperaturen, die etwas über den Haltepunkten liegen, ab, so erhält man Modifikationen von erheblichen Unterschieden in den physikalischen Eigenschaften. Sehr langsam abgekühltes reines Eisen besitzt bei gewöhnlicher Temperatur eine Zerreißfestigkeit von 33 kg/qmm. Bei Abschreckungstemperaturen bis 600° erhöht sich die Zerreißfestigkeit allmählich auf 36 kg /qmm, um bei 650° eine plötzliche Zunahme auf 40 kg/qmm zu zeigen. Bei 780° abgeschrecktes Eisen besitzt eine Zerreißfestigkeit von 45,7 kg/qmm und ein bei 900° abgeschrecktes Eisen eine solche von 51 kg/qmm (Arnold, Engineering, 9. Juli 1897 und Sauveur, Eng. and. min. Journ. 64, S. 489). Über die Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften des reinen Eisens von der Temperatur gibt Abb. 1 Aufschluß.

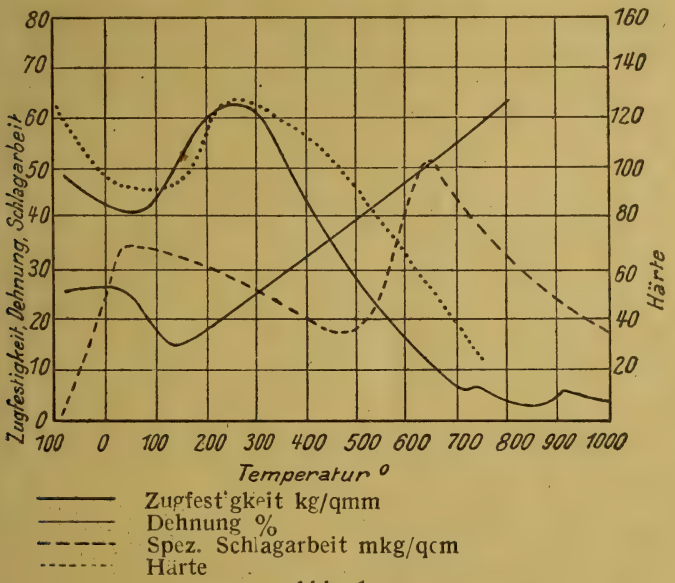


Abb. 1.

Spez. Wärme s bei 0°: 0,10545; für Temperaturen bis 725° gilt die Gleichung: spez. W. $s = 56{,}84 . 10^{-6} . t + 0{,}1045$.

Spez. Wärme bei 725°: 0,1467; bei 785 bis 919°: 0,1571; die spez. Wärme des geschmolzenen reinen Eisens ist kaum veränderlich und beträgt zwischen 1529 und 1600° im Durchschnitt 0,1950 cal/g. Linearer Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 100°: 0,000011. Wärmeleitfähigkeit bei 18°: 0,171 cal/cm/sec/Grad. Leitungswiderstand bei 0°: 0,0885 Ohm/qmm/m.

Reines Eisen zeigt wenig günstige magnetische Eigenschaften. Nur das α-Eisen ist magnetisierbar. Beim Haltepunkt Ar_2 verschwinden die magnetischen Eigenschaften; bei Ar_3 treten Änderungen des elektrischen Leitvermögens auf; der Leitungswiderstand wächst von gewöhnlicher Temperatur bis Ar_3 auf ungefähr das Zehnfache, um dann über 900° fast unveränderlich zu bleiben. Koerzitivkraft 0,23; Maximalpermeabilität: 14000.

Magnetisierbarkeit von Elektrolyteisen (Streifen) nach E. Gumlich (E. T. Z. 30, 1065; 1909).

C:	0,024%	P:	0,008%
Si:	0,004%	S:	0,001%
Mn:	0,008%		

In Tabelle S. 196 bedeuten: $\mathfrak{H}$ = Feldstärke; $\mathfrak{B}$ = Induktion; $\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{H}}$ = Permeabilität; $\mathfrak{J}_\infty$ = Sättigungswert; η = der Faktor der Steinmetzschen Beziehung $E = \eta . \mathfrak{B}^{1.6}$ (E = Energieverlust beim Magnetisieren je 1 ccm in Erg.).

Chemische Eigenschaften: Reines Eisen rostet an feuchter Luft genau so wie gewöhnliches Eisen. Ungeglühtes Elektrolyteisen widersteht dem Rosten in sehr hohem Grade. Eisen in feinster Verteilung, wie es durch Reduktion von Eisenoxalat bei möglichst niedriger Temperatur mit Wasserstoff erhalten wird, entzündet sich an der Luft von selbst (pyrophores Eisen), während feinpulveriges Eisen erst beim Erhitzen an der Luft zu Eisenoxyd verbrennt. In

Feldstärke $\mathfrak{H}$	Ungeglüht: Induktion $\mathfrak{B}$	Ungeglüht: Permeabilität $\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{H}}$	Geglüht: Induktion $\mathfrak{B}$	Geglüht: Permeabilität $\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{H}}$
+ 0,25	—	—	2 200	3 800
+ 0,5	180	360	7 500	15 000
+ 0,75	350	470	9 300	12 400
+ 1,0	600	600	10 240	10 240
+ 1,5	1520	1 010	11 400	7 600
+ 2,5	4 370	1 750	12 800	5 130
+ 5	8 920	1 780	14 470	2 890
+ 10	12 750	1 280	15 500	1 550
+ 20	15 300	765	16 200	810
+ 50	17 150	340	17 100	340
+ 100	18 380	185	18 050	180
+ 150	19 160	130	18 870	126
+ 300	20 650	69,0	20 700	69,0
+ 500	21 630	43,3	21 670	43,3
+ 1000	22 520	22,5	22 570	22,6
+ 2000	23 620	11,8	23 620	11,8
+ 3000	24 630	8,2	24 630	8,2
+ 4500	26 110	5,8	26 150	5,8
+ 200	19 710	—	19 450	—
+ 150	19 160	—	18 870	—
+ 100	18 510	—	18 150	—
+ 50	17 470	—	17 230	—
+ 25	16 480	—	16 580	—
+ 10	15 240	—	15 920	—
+ 5	14 170	—	15 320	—
+ 2,5	13 200	—	14 400	—
+ 1	12 270	—	13 020	—
0	11 440	—	10 850	—
— 0,25	11 200	—	9 400	—
— 0,5	10 930	—	— 6 500	—
— 0,75	10 620	—	— 8 900	—
— 1,0	10 300	—	— 10 000	—
— 1,5	9 420	—	— 11 400	—
— 2,5	3 100	—	— 12 800	—
— 5	— 7 770	—	— 14 460	—
— 10	— 12 760	—	— 15 500	—
— 20	— 15 300	—	— 16 200	—
— 50	— 17 150	—	— 17 100	—
— 100	— 18 380	—	— 18 040	—
— 150	— 19 160	—	— 18 870	—
— 200	— 19 710	—	— 19 450	—
Remanenz		11 440	10 850	
Koerzitivkraft		2,82	0,23	
μmax		1 850	14 600	
η		0,00308	0,00078	
J_∞		1 720,5	1 721,5	

einer Sauerstoffatmosphäre findet die Verbrennung unter lebhafter Feuererscheinung statt. Erhitzter Eisendraht verbrennt in Sauerstoff unter lebhaftem Funkensprühen und ohne Flamme zu Eisenhammerschlag, Fe_3O_4. Eisen verbindet sich bei Gegenwart von Wasser mit den Halogenen, in der Hitze mit Schwefel, Selen, Tellur, bei höherer Temperatur mit Phosphor, Arsen, Kohlenstoff, Silizium und Bor und bildet mit vielen Metallen wie Mangan, Kobalt, Nickel, Aluminium, Vanadin Legierungen. Fein verteiltes Eisen bildet beim Kochen mit Wasser Wasserstoff und Eisenoxydhydrat. Bei Rotglut setzt es Wasser zu Wasserstoff und Eisenoxyduloxyd (Fe_3O_4) um. Mit Halogenwasserstoffsäuren entstehen neben Wasserstoff Eisenhalogenide (z. B. mit Chlorwasserstoff Ferrochlorid). In verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure löst sich Eisen zu den entsprechenden Oxydulsalzen auf. Kalte verdünnte Salpetersäure löst Eisen zu Ferronitrat unter Bildung von Ammoniumnitrat. Warme Salpetersäure bildet Ferrinitrat und Stickoxyd. Steckt man Eisen in konz. Salpetersäure und spült die Säure mit Wasser ab, dann

ist das Eisen „passiv" geworden, d. h. es ist in Salpetersäure unlöslich (passives Eisen). Eisen scheidet aus Lösungen von Kupfervitriol met. Kupfer aus (Zementkupfer). Beim Schmelzen von Eisenfeile mit Salpeter oder bei der Behandlung von Eisenhydroxyd mit Kaliumhypochlorit (aus Kalilauge und Chlor) bildet sich Kaliumferrat (K_2FeO_4), das aus der Lösung in dunkelroten Prismen kristallisiert, die sich leicht zersetzen.

Gewerbliches Eisen ist nicht chemisch rein, sondern enthält andere Elemente wie Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Die reinsten gewerblichen Eisensorten enthalten von diesen Bestandteilen insgesamt immer noch mindestens 0,2%.

Verwendung: Reines Eisen dient als „Ferrum reductum" in der analytischen Chemie als Reduktionsmittel, z. B. zur Überführung des Stickstoffs in Nitraten zu Ammoniak. Elektrolyteisen findet Verwendung zum Verstählen von kupfernen Galvanos, zur Herstellung von Eisenklischees für Banknotendruckerei (Z. Elektroch. 4, 410 (1897/98)).

Preise: Eisen, durch Wasserstoff reduziert, chemisch rein, 90% % kg M. 290,00, Metallisches Eisen durch Elektrolyse: 100 g M. 5,00.

Bezugsquellen: E. Merck, Darmstadt; Langbein-Pfanhauser Werke AG., Leipzig-Sellerhausen, Paunsdorferstraße 62.

Literatur:

Osmond und Werth, Théorie cellulaire de l'acier, Ann. des mines, 8. Reihe, **8**, 5. — Arnold, Engineering v. 9. Juli 1897. Sauveur, Eng. and min. Journ. **64**, 489. Osmond, Transformations, Paris 1887. Ruer und Klesper, Fer, 11, 257. P. Goerens, Einführung in die Metallographie, 2. Aufl., Halle 1915.

Ed. Schenk.

B. Eisen und Stahl als Werkstoffe.

I. Materialprüfung.[1])

Versuche mit Konstruktionsmaterialien pflegen angestellt zu werden zur Ermittlung der Elastizität und Festigkeit (bei Beanspruchung auf Zug, Druck, Biegung, Knickung, Schub, Scherung, Verdrehung usf.), der Härte, der Zähigkeit (bei ruhender und bei stoßweiser Beanspruchung), zur Bestimmung des Verhaltens bei der Bearbeitung, der Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, der Wasserdurchlässigkeit, der Wetterbeständigkeit u. a. m.

Elastizität und Festigkeit. Die allgemeinen Begriffe (Spannung, Dehnung, Dehnungszahl, Elastizitätsmodul, Streckgrenze, Proportionalitätsgrenze usf.) sind ausführlich unter „Zug" usf. besprochen. Ganz allgemein ist im Auge zu behalten, daß sich die Baustoffe gegenüber den verschiedenen Beanspruchungen je nach der Temperatur, in der sie sich befinden, mehr oder weniger, zum Teil sehr bedeutend, verschieden verhalten können; Prüfungen sollten deshalb in der Regel auch bei den Temperaturen erfolgen, in denen die Stücke Verwendung zu finden haben. Überhaupt sollen technische Versuche unter solchen Verhältnissen ausgeführt werden, daß ihre Ergebnisse auf die wichtigeren Ausführungen ausreichend zuverlässig übertragen werden können. Hierzu gehört u. a. ausreichende Größe der Versuchskörper.

Entnahme der Probekörper. Die Probekörper sollen das Material in dem Zustand enthalten, den es bei der Verwendung aufweist oder der für die Prüfung vorgeschrieben ist. In der Regel wird daher zu verlangen sein, daß die Probekörper kalt abzutrennen und zu bearbeiten sind, unter Vermeidung von Verbiegung und Quetschung, wie sie beim Abschneiden mit der Schere entstehen. Läßt sich Abschneiden nicht vermeiden, so ist die Wirkung des Scherenschnittes zu beseitigen. Hierzu dürfte in der Regel Abarbeiten auf eine Breite gleich der halben Schnittstärke (bei Blechen z. B. um die halbe Blechdicke) genügen. Geraderichten verbogener Stücke vermindert die Zähigkeit. Bei Abtrennen der Stücke durch Brennerschnitt ist die Schnittkante ebenfalls ausreichend zu beseitigen.

Wird das Gebrauchsstück ausgeglüht, so sind auch die Probestäbe auszuglühen; richtiger ist es, diese dem fertig geglühten Stück zu entnehmen. Soll das Stück mit der Walzhaut verwendet werden, so ist diese auch an den Probestäben zu belassen.

Schließlich ist im Auge zu behalten, daß die technisch verwendeten Stoffe meist in höherem Grade ungleichförmig sind, als angenommen zu werden pflegt. Beim Herausarbeiten von Probestücken ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Bei geschmiedetem und gewalztem Material sind z. B. auch Walz- und Querrichtung, Kern und Rand auseinanderzuhalten.

Nicht selten (so z. B. vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute) wird vorgeschrie-

[1]) Die im folgenden mitgeteilten Versuchsergebnisse sind, außer wo anderes angegeben ist, in der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart erlangt worden. Von dieser stammen auch die Abbildungen.

ben, daß bei Material von größerer Dicke (als 28 mm) die Probestäbe nicht durch kaltes Herausarbeiten, sondern durch Ausschmieden oder Auswalzen auf geeignete Dicke (von nicht über 28 mm) zu bringen sind. Bei Anwendung solcher Vorschriften wird zu überlegen sein, ob die Gebrauchsstücke in ähnlicher Weise Bearbeitung erfahren, so daß zu erwarten steht, daß ihre Eigenschaften denen der geschmiedeten Stäbe gleich werden. Trifft das nicht zu (z. B. bei großen Wellen usf.), so würde die Prüfung von stark ausgeschmiedeten Stäben zu günstige Werte — insbesondere in der Querrichtung — liefern, was bei Festsetzung der zulässigen Beanspruchung zu beachten ist.

Bei dicken Stücken oder Stücken mit sehr verschieden starken Querschnittsteilen empfiehlt sich aus demselben Grunde Entnahme von Stäben aus verschiedenen Querschnittsteilen, gegebenenfalls parallel und senkrecht zur Streckrichtung.

Probekörper sollen in der Regel nicht an Stellen entnommen werden, die sichtbare Mängel enthalten. Das Auftreten von Fehlstellen erscheint jedoch an sich als ein Prüfungsergebnis, das bei der Beurteilung der Güte des Stoffes zu bewerten ist, unter Umständen von ausschlaggebender Bedeutung sein kann. Solche Fehlstellen beeinträchtigen bei größerer Ausdehnung die Ergebnisse der Prüfung, und mit Fehlern behaftete Stücke liefern nicht Zahlen, welche für gesunde Teile derselben Stücke kennzeichnend sind.

Schließlich ist bei der Vornahme der Versuche, die unter Beachtung aller Vorsichtsmaßregeln zu erfolgen hat, auf die Einflüsse zu achten, welche die Gestalt der Probekörper, die Geschwindigkeit der Durchführung, der Zustand des Stoffes, die Temperatur usf. äußern.

I. Verschiedene Arten der Versuche.

A. Zug.

Ausführliche Besprechung eines Zugversuches s. S. 203—5, über Vorrichtungen dafür s. S. 206 ff.

Zur Prüfung gelangen Probekörper mit einer genau prismatisch bearbeiteten Strecke, in deren Achse zwei entgegengesetzt gerichtete gleich große Kräfte P angreifen. Biegungsbeanspruchung ist sorgfältig fernzuhalten. (Vgl. S. 206.)

1. Spannung.

Um für alle Stabgrößen vergleichbare Werte zu erlangen, wird angenommen, daß sich die Kräfte P über den Querschnitt f (qcm) des Stabes gleichförmig verteilen. Die Beanspruchung des Materials wird dann durch die Spannung

$$\sigma = P:f \text{ kg/qcm} \quad \ldots\ldots 1)$$

gemessen. Je nachdem es sich um eine Zug- oder um eine Druckkraft handelt, wird von einer positiven (Zug-) oder einer negativen (Druck-) Spannung geredet. Da diese senkrecht zum betrachteten Querschnitt wirkt, heißt sie Normalspannung.

2. Dehnung.

Jedes Material erfährt unter der Einwirkung der Spannung eine Formänderung λ: Verlängerung bei Zug, Verkürzung bei Druck. Diese fällt um so größer aus, je höher die Spannung σ, und je größer die dem Versuch unterworfene Strecke, d. i. die Meßlänge l (cm) ist. Zunächst sei vorausgesetzt, daß diese Formänderung eine vollkommen elastische sei. Vgl. 6. Um zu vergleichbaren Werten zu gelangen, wird angenommen, daß sie sich auf die Meßlänge l gleichförmig verteile und der auf 1 cm entfallende Anteil als Dehnung ε bezeichnet, so daß

$$\varepsilon = \lambda:l \text{ oder } \lambda = \varepsilon.l \quad \ldots\ldots 2)$$

3. Querdehnung, Querzusammenziehung.

Mit der Längenänderung in Richtung der Kraft geht stets eine Änderung der Abmessungen senkrecht dazu Hand in Hand. Das Verhältnis beider Formänderungen sei mit m bezeichnet, so daß gesetzt wird

$$\varepsilon_q = \varepsilon:m \quad \ldots\ldots 3)$$

Die Verhältniszahl m (von manchen auch Poissonsche Zahl genannt) beträgt für viele Baustoffe innerhalb der zulässigen Beanspruchung 3 bis 4, d. h., wenn z. B. die Länge l eines zylindrischen Probestabes aus einem solchen Stoff um $\lambda = \varepsilon.l$ zunimmt, vermindert sich sein Durchmesser d um

$$\lambda_q = \varepsilon_q \, d = \frac{\varepsilon}{3} \, d \text{ bis } \frac{\varepsilon}{4} \, d.$$

Für andere Stoffe ist m veränderlich; seine Größe nimmt z. B. für Gußeisen und Beton mit wachsender Spannung bedeutend zu.

Das Eintreten der Querdehnung hat zur Folge, daß sich der Querschnitt des Stabes infolge der Belastung ändert. Für die Zwecke der Festigkeitsrechnung ist es üblich (und auch das Richtige), der Ermittlung der Spannungen stets die ursprüngliche Querschnittsfläche zugrunde zu legen. Für die Untersuchung des technologischen Verhaltens kann es dagegen geboten sein, auf die jeweilige Größe des Querschnittes einzugehen. Ebenso liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Dehnung. Im folgenden

wird diese stets auf die ursprüngliche Meßlänge bezogen.

Die Querdehnung kann durch Kräfte, die senkrecht zur Stabachse angreifen, mehr oder weniger vollkommen gehindert werden. Eine solche Hinderung beeinflußt natürlich auch die Größe der durch die Kräfte P hervorgerufenen Beanspruchung sowie die Formänderung.

4. Dehnungszahl (Dehnungskoeffizient) Elastizitätsmodul.

Die einfachste Beziehung zwischen der Spannung σ und der durch sie hervorgebrachten Dehnung ε ist

$$\varepsilon = \alpha.\sigma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

Die Dehnung ε wäre dann der Spannung σ proportional. Diese Beziehung, welche von Vielen als „Hooke"sches Gesetz[1]) bezeichnet wird, obwohl sie kein „Gesetz" darstellt, ist von einigen Stoffen (z. B. Flußeisen, Flußstahl, Schweißeisen) mit großer Annäherung erfüllt (s. u.). Die Zahl α, mit der die Spannung zu multiplizieren ist, um die Dehnung zu erhalten, wird Dehnungszahl (Dehnungskoeffizient) genannt. Sie ist die Dehnung für die Spannungsänderung 1, also um so größer, je elastischer der Stoff ist und wird, da sie für die meisten Baustoffe eine sehr kleine Größe ist, im folgenden der größeren Übersichtlichkeit wegen in Millionteln ausgedrückt. Für Flußeisen z. B. ist ungefähr

$\alpha = 0{,}5$ Milliontel[2]) $= 1 : 2\,000\,000$.

Vielfach war und ist es üblich, statt der Dehnungszahl deren reziproken Wert E, Elastizitätsmodul genannt, einzuführen. Dann ist

$$E = 1 : \alpha \quad \varepsilon = \alpha.\sigma = \sigma : E \quad . \quad . \quad 4a)$$

für Flußeisen also E = rund 2000000[2]).

Eine so anschauliche Begriffsbestimmung, wie oben für die Dehnungszahl, kann für den Elastizitätsmodul, der um so größer ist, je weniger elastisch das Material sich verhält, nicht gegeben werden.

5. Proportionalitätsgrenze.

Sind für ein untersuchtes Material die Dehnungen den Spannungen bis zu einer gewissen Spannung proportional, so wird diese als Proportionalitätsgrenze bezeichnet. Meist besteht von vornherein keine genaue Proportionalität oder sind, wie z. B. für Leder, Gußeisen, Beton, Steine usf. die Dehnungen auch nicht angenähert den Spannungen proportional. Eine Proportionalitätsgrenze besteht für solche Stoffe nicht.

Ist für diese der Zusammenhang zwischen Dehnungen und Spannungen darzustellen, so kann entweder der Weg der Zeichnung beschritten (vgl. Ziff. 12, Abb. 6) oder eine Näherungsgleichung angewendet werden, z. B.

$$\varepsilon = \alpha.\sigma^m \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

oder

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{a - b\sigma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

In Gleichung 5 bezeichnen α und m Erfahrungswerte, die jedoch andere Größen sind, als die gleichen Buchstaben in Gleichung 3 und 4. Ist $m < 1$, so wachsen die Dehnungen langsamer als die Spannungen (Beispiel: Leder). Ist $m > 1$, so ist das Gegenteil der Fall (Beispiele: Gußeisen, Beton, manche Bronzen, Steine).

In Gl. 6 bezeichnen a und b ebenfalls Erfahrungswerte, deren Größe aus Versuchen mit dem betreffenden Material abzuleiten ist.

6. Gesamte, federnde, bleibende Formänderung; Elastizitätsgrenze.

Bisher war angenommen worden, daß die Formänderung des Stabes rein elastisch sei. Werden jedoch genaue Messungen durchgeführt, so zeigt sich, daß in den meisten Fällen nach der Entlastung ein Teil der durch die Kraft P hervorgebrachten Formänderung zurückbleibt: bleibende Formänderung. Dann ist zu unterscheiden zwischen der gesamten Formänderung (d. i. Unterschied der Größe der Meßlänge vor dem Einwirken der Kraft P und nach deren Aufbringen), der bleibenden Formänderung (d. i. Unterschied der Größe der Meßlänge vor der Belastung und nach deren Wiederentfernen) und der federnden Formänderung (d. i. der Unterschied der Größe der Meßlänge nach Aufbringen und nach Entfernen der Last P). Bei Material, das noch keine Beanspruchung erfahren hatte, pflegt sich die bleibende Dehnung nicht beim ersten Belasten und Entlasten in voller Größe auszubilden. Näheres darüber geht aus der ausführlichen Besprechung des Elastizitätsversuchs, S. 203, hervor.

Wenn bleibende Formänderungen erstmals bei einer bestimmten Beanspruchung auftreten, so heißt die zugehörige Spannung Elastizitätsgrenze. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle stellen sich bleibende Dehnungen jedoch schon bei geringen Lasten ein; das Material weist dann keine ausgeprägte Elastizitätsgrenze auf, weshalb eine willkürliche Festsetzung erforderlich ist, welche

---

[1]) Näheres s. R. Baumann, Z. d. V. d. J. (Literaturverzeichnis Nr. 4) 1917, S. 117 ff.

[2]) Werden die Spannungen auf kg/qmm bezogen, so ist für Flußeisen
α = 0,5 Zehntausendstel
E = 20 000.

bleibende Dehnung die Elastizitätsgrenze kennzeichnen soll. Es seien folgende Festsetzungen angeführt:

Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik 0,001 %
Fried. Krupp A.-G. in Essen-Ruhr 0,03 %
Häufig wird die Elastizitätsgrenze verwechselt mit der

7. Streckgrenze, Fließgrenze, (Quetschgrenze). — Fließfiguren.

Wird ein Stab aus Flußeisen oder Flußstahl in der Prüfungsmaschine gestreckt, so nimmt seine Belastung zunächst stetig zu (Strecke A B, Abb. 1). Nach Erreichen einer gewissen Spannung hört jedoch trotz fortschreitender Streckung des Stabes die von ihm getragene Last auf zu steigen (Stehenbleiben der Wage, der Quecksilbersäule, des Zeigers der Prüfungsmaschine), die Streckgrenze oder Fließgrenze (bei Druckbeanspruchung: Quetschgrenze) des Materials ist erreicht. Nicht selten fällt die Belastung nach Erreichen der Fließgrenze sogar ab, so daß eine obere und untere Streckgrenze (Quetschgrenze) zu unterscheiden ist (Abb. 1 bei B C).

Abb. 1. Dehnungslinien.

Nach Erreichen der Streckgrenze sind auf der ursprünglich glatten Staboberfläche schräg verlaufende Linien zu beobachten: Fließ- oder Streckfiguren (Abb. 2 Taf. 1). Besaß das Eisen vor dem Versuch die Walzhaut, so springt längs dieser Linien der Zunder ab (Abb. 3)[1]). Die Richtung derselben ist ungefähr unter 45° gegen die der Normalspannung geneigt, so daß aus dem Auftreten der Fließfiguren sowohl auf die Höhe der wirksam gewesenen Spannung (Fließgrenze) als auch auf deren Richtung geschlossen werden kann, was bei Belastungsfällen, die der Rechnung nicht zugänglich sind, zur Beurteilung der Beanspruchung sowie zum Nachweis eingetretener Überlastung von großem Wert sein kann.

Eine ausgeprägte Streckgrenze der soeben beschriebenen Art tritt fast nur bei Schmiedeisen und Stahl (im ausgeglühten Zustand) auf. Spröde Stoffe, wie Gußeisen, harter Stahl und auch die meisten zähen Stoffe, wie Zink, Aluminium, Kupfer, Messing, Bronze zeigen sie nicht. Doch pflegt auch bei diesen nicht selten von einer Streckgrenze gesprochen zu werden. Hierunter wird dann die Spannung verstanden, bei der die bleibende Dehnung eine gewisse, willkürlich festgesetzte Größe erreicht hat. Diese beträgt nach den Festsetzungen

vieler Behörden sowie des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik . . 0,2 %
der Firma Friedr. Krupp A.-G. Essen-Ruhr . . . . . 0,3 %
des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik . . . . . 0,2—0,5 %

[1]) Weitere Bilder s. in 2 sowie ausführlich in 14, 1898, S. 77 ff. und 23.

8. Zugfestigkeit (Reißlänge). Dehnungslinie. Einschnürung.

Nach Überschreiten der Streckgrenze (sofern eine solche vorhanden war) steigt die Belastung wieder stetig an, bis die höchste Last P_{max}, die der Stab zu tragen vermag, erreicht ist. Bei sprödem Material, z. B. Gußeisen, erfolgt alsdann der Bruch des Stabes; die Zugfestigkeit beträgt $K_z = P_{max} : f$ kg/qcm, sofern f die ursprüngliche Querschnittsgröße (s. o.) bedeutet. (Reißlänge. — Für Sonderzwecke kann es vorteilhaft sein, die Zugfestigkeit nicht in kg/qcm auszudrücken, sondern anzugeben, welche Länge ein prismatischer Probestab haben müßte, um durch sein Eigengewicht zerrissen zu werden. Diese Länge wird dann als Reißlänge bezeichnet — Papierprüfung, Baustoffe für Flugzeugbau usf.[1])) Werden zur Erlangung eines anschaulichen Bildes zu den Spannungen als senkrechten Abscissen die Dehnungen als wagrechte Ordinaten aufgezeichnet, so entsteht die Dehnungslinie. Abb. 1 zeigt diese für Flußeisen, Gußeisen und Bronze. Bei zähen Stoffen nimmt die Tragkraft nach Erreichen der Größe P_{max} zunächst langsam, später rascher ab, bis schließlich der Bruch erfolgt — Abb. 1 für Flußeisen —. Gleichzeitig ist an einer Stelle des Stabes eine stärkere Verminderung des Querschnittes zu beobachten, der Stab schnürt sich örtlich ein (Abb. 4, Abb. 37, Taf. 8). Die Dehnung, die

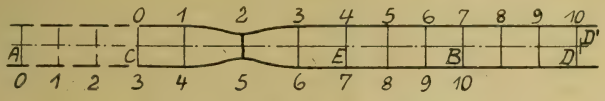


Abb. 4. Zerrissener Rundstab.

sich bis zur Last P_{max} ungefähr gleichförmig über die Meßlänge verteilte, erlangt an der Stelle dieser örtlichen Querschnittsverminderung größere Werte, sie ist an der Bruchstelle am größten. Nicht selten bilden sich, namentlich bei weichem Material (Kupfer, Aluminium; Eisen bei höherer Temperatur) oder bei sehr großer Streckgeschwindigkeit mehrere Einschnürungen aus.

9. Bruchdehnung.

Wie aus Abb. 1 hervorgeht, ist die Verlängerung bis zum Bruch für spröde Stoffe, wie z. B. Gußeisen, klein, für zähe Stoffe dagegen verhältnismäßig groß. Es sei zunächst angenommen, der Bruch des Stabes erfolge in der Mitte der Meßlänge l. Hat diese nach dem Zerreißen die Länge l_b, so wird die Größe

$$\varphi = \frac{l_b - l}{l} 100\% \quad \ldots\ldots \quad 7)$$

als Bruchdehnung bezeichnet und in ihr ein Maß für die Zähigkeit des Stoffes erblickt.

Wie schon erwähnt, ist die Streckung des Stabes bei zähem Material nicht an allen Stellen gleich groß, sondern infolge der örtlichen Einschnürung an der Bruchstelle am größten. Die Verlängerung des zerrissenen Stabes setzt sich aus zwei Beträgen zusammen: der eine ist ungefähr gleichförmig über die außerhalb der Bruchstelle gelegenen Stücke der Meßlänge verteilt, der andere entfällt auf die Einschnürung.

Damit hängt es zusammen, daß die prozentuale Bruchdehnung für einen Stab größer ausfällt, wenn die Meßlänge kleiner gewählt wird, weil dann die örtliche Dehnung verhältnismäßig mehr ausmacht, als bei größerer Meßlänge.

Beispiel: Rundstab aus Flußeisen, 2,6 cm Durchmesser:

Meßlänge, mm	50	100	200	260
Verlängerung, mm	31,0	46,3	70,4	82,9
Prozentuale Bruchdehnung %	62,0	46,3	35,2	31,9

Sollen vergleichbare Werte der Bruchdehnung erlangt werden, so muß deshalb die Meßlänge zu den Querschnittsabmessungen des Stabes in einem ganz bestimmten Verhältnis stehen. Für Rundstäbe ist dieses Verhältnis durch die Größe $l:d$ bestimmt, bei Probekörpern mit anderen Querschnittsformen durch die Größe $l:\sqrt{f}$.

Für Rundstäbe vom Durchmesser d ist üblich:

[1]) Beispielsweise ist nach 1, S. 109:

Material	Raumgewicht	Zugfestigkeit kg/qcm	Reißlänge m
Aluminium, geglüht	2,7	900	3 300
kalt gewalzt	2,7	4 000	14 800
Stahldraht, geglüht	7,8	9 000	11 500
gezogen	7.8	25 000	32 000

in Deutschland[1]) $l = 10\,d = 11{,}3\sqrt{f}$,
in Frankreich $l = 7{,}235\,d = 8{,}2\sqrt{f}$,
in Amerika, teilweise in England $l = 5\,d$ bis $2{,}5\,d = 5{,}65\sqrt{f}$ bis $2{,}83\sqrt{f}$.

Erfolgt der Bruch des Stabes nicht, wie bisher angenommen, in der Mitte der Meßlänge, sondern nahe ihrem Ende, so kommt die Einschnürung einseitig zu liegen. Die mit ihr verknüpfte größere örtliche Streckung fällt daher nur auf der einen Seite in die Meßlänge und die prozentuale Dehnung fiele zu klein aus, wenn nur die Verlängerung der Meßlänge ermittelt würde. Solche Stäbe sind entweder auszuschalten oder es sollte das folgende Verfahren angewendet werden, das voraussetzt, daß die Einschnürung genau symmetrisch zur Bruchstelle ausgebildet ist. Zum Beispiel diene der Rundstab Abb. 4, der auf $l = 10$ cm ausgemessen werden soll. Besäße der Stab die gestrichelt gezeichnete Gestalt, so wäre die Länge nach dem Bruch gleich der Strecke A B. In Wirklichkeit fehlt aber die Strecke A C. Unter der eben gemachten Annahme der Symmetrie ist diese Strecke gleich der Strecke E B; diese Länge hat also statt der Strecke B D bei der Ausmessung Verwendung zu finden, sie ist doppelt zu messen, „zu übertragen", d. h. es ist B D′ = E B zu machen. Statt der durch die über die Abbildung geschriebenen Ziffern 0—10 bestimmten Länge C D findet dann die durch die unter ihr angegebenen Zahlen festgelegte Strecke, deren Teil A C = E B ist oder auch die durch Übertragung hergestellte Strecke CD′ zur Bestimmung der Länge nach dem Bruch Verwendung.

Umrechnung der Bruchdehnung auf eine andere Meßlänge[2]). Steht die beabsichtigte Meßlänge, z. B. $l = 11{,}3\sqrt{f}$ nicht zur Verfügung, weil der Stab zu kurz ist, so kann näherungsweise Ermittlung der zu ihr gehörigen Bruchdehnung auf folgenden Wegen stattfinden:

a) nach Bach (1, S. 141; 3, Heft 29, S. 69ff.) ist

$$\varphi_l = A + \frac{B}{\sqrt{l}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 8)$$

Wird die Bruchdehnung φ_1, φ_2 an zwei Meßlängen l_1, l_2 ausgemessen, so können die Erfahrungswerte A, B berechnet werden:

$$A = \frac{\varphi_2\sqrt{l_2} - \varphi_1\sqrt{l_1}}{\sqrt{l_2} - \sqrt{l_1}}$$

$$B = (\varphi_1 - \varphi_2)\frac{\sqrt{l_1 l_2}}{\sqrt{l_2} - \sqrt{l_1}}$$

Beispiel (vgl. S. 201):

$\varphi_1 = \varphi_{100} = 46{,}3\%$ $\varphi_2 = \varphi_{200} = 35{,}2\%$

$A = 8{,}4$ $B = 378{,}9$

$\varphi_{260} = 8{,}3 + \frac{378{,}9}{\sqrt{260}} = 31{,}8\%$ (gemessen, s. o. 31,9%).

b) nach Rudeloff (9, 1917, S. 374ff.) ist

$$\varepsilon_g = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{l_1 - l_2} \qquad \lambda_e = \lambda_2 - l_2\varepsilon_g$$

$$\lambda_l = l\,\varepsilon_g + \lambda_e \quad \ldots\ldots\ldots \quad 9)$$

Für das unter a behandelte Beispiel ergibt sich, da

für $l_1 = 10$ cm, $\lambda_{10} = 46{,}3$ mm und für $l_2 = 20$ cm, $\lambda_{20} = 70{,}4$ mm

$\varepsilon_g = 2{,}41$ $\lambda_e = 22{,}2$

$\lambda_{25} = 26.2{,}41 + 22{,}2 = 84{,}9$ mm

$\varphi_{26} = 84{,}9.100:260 = 32{,}2\%$

(gemessen 31,9%).

c) Nach Bach und Baumann (1, S. 142, 4, 1916, S. 854ff.) ergab sich für Flußeisen-Kesselbleche mit Annäherung

$$\varphi_{11{,}3\sqrt{f}} = y.\varphi_l \quad \ldots\ldots \quad 10)$$

worin

$$y = 0{,}25 + \frac{22{,}5}{\sqrt{\left(\frac{200}{l}\right)^2 f + 600}} \quad \ldots \quad 11)$$

Für das unter a und b behandelte Beispiel kommt mit $l = 100$ mm, also $\varphi_{100} = 46{,}3\%$ und $f = 26^2\,\frac{\pi}{4} = 531$ qmm

$y = 0{,}68$

$\varphi_{260} = 0{,}68.46{,}3 = 31{,}5\%$ (gemessen 31,9%).

10. Querschnittsverminderung ψ des zerrissenen Stabes.

Ist f_b die Größe des Bruchquerschnittes, so wird

$$\psi = \frac{f - f_b}{f}\,100\% \quad \ldots\ldots \quad 12)$$

[1]) Neuerdings sind bei uns Bestrebungen im Gange, die Meßlänge halb so groß einzuführen, so daß kürzere, weniger Material und Bearbeitungskosten erfordernde Stäbe zur Verwendung gelangen. Dabei sind dann für die Liefervorschriften andere — größere — Mindestwerte für die Dehnung einzuführen.

[2]) Bei Liefervorschriften kann, wenn sich die Meßlänge $l = 11{,}3\sqrt{f}$ nicht einhalten läßt, die Bruchdehnung entsprechend größer vorgeschrieben werden. Die deutsche Kriegsmarine schreibt z. B. für Kesselbleche folgendes für eine Meßlänge von $l = 200$ mm vor:

Querschnitt	Mantelbleche $K_z = 4200$ bis 5100 kg/qcm	Feuerbleche $K_z = 3400$ bis 4100 kg/qcm
314 bis 600 qmm	21%	26%
601 „ 900 „	22%	27%
901 „ 1200 „	23%	28%

als Maß der Zähigkeit des Materials betrachtet; diese Größe ist von der Meßlänge weit weniger abhängig, als die Bruchdehnung. Für spröde Stoffe, wie z. B. Gußeisen, ist ψ sehr klein (vgl. Abb. 33, Taf. 7).

11. Arbeitsvermögen.

Die von der Dehnungslinie (Abb. 1) umschlossene Fläche ist das Produkt aus Spannung (Kraft) und Dehnung (Weg), d. h. die Arbeit, welche zum Zerreißen des Stabes erforderlich war, bezogen auf 1 ccm desselben. Häufig wird die ganze Fläche gemessen. Richtiger erscheint es jedoch, nur den Teil der Fläche in Betracht zu ziehen, der bis zur Höchstlast reicht (in Abb. 1 durch Strichelung hervorgehoben). Nur dieser Teil ist bei gegebenem Stabdurchmesser, wie eigene Versuche bestätigen, von der Stablänge unabhängig.

12. Ausführliche Beschreibung eines Zugversuches (Flußstahl).

Rundstab aus Flußstahl, Durchmesser im mittleren zylindrischen Teil 2,00 cm
Querschnitt f 3,14 qcm

a) Elastizitätsversuch
Meßlänge l 15,0 cm

Der noch keiner Belastung unterworfen gewesene Stab wird zunächst mit P = 1000 kg (Spannung σ = 1000 : 3,14 = 318 kg/qcm; Anfangsbelastung) und sodann mit P = 4000 kg (σ = 1274 kg/qcm) belastet. Gemessen wird mittels Spiegelapparates (S. 207) die Verlängerung der Meßlänge. Sie ergibt sich zu 6,70 $^1/_{1000}$ cm (gesamte Streckung). Hieran schließt sich Entlastung auf P = 1000 kg. Die Streckung des Stabes nimmt dabei ab, jedoch nicht bis Null, sondern sie beträgt noch 0,04 $^1/_{1000}$ cm bleibende Streckung. Demnach beträgt die Federung 6,70—0,04 = 6,66 $^1/_{1000}$ cm. Die Wiederholung des Versuches liefert

Belastung		Verlängerung in $^1/_{1000}$ cm			Temperatur im Versuchsraum	Dehnungszahl der Federung
kg	kg/qcm	gesamte	bleibende	federnde		
1000	318	Anfangsbelastung			—	—
4000	1274	6,70	—	—	—	—
1000	—	—	0,04	6,66	18,9	—
4000	—	6,71	—	—	—	—
1000	—	—	0,04	6,67	—	—
4000	—	6,71	—	—	—	0,465 Milliontel = $\frac{1}{2\,149\,900}$
1000	—	—	0,04	6,67	—	
7000	2229	13,41	—	—	19,4	—
1000	318	—	0,07	13,34	—	—
7000	—	13,41	—	—	—	—
1000	—	—	0,06	13,35	—	—
7000	—	13,42	—	—	—	—
1000	—	—	0,08	13,34	—	—
7000	—	13,42	—	—	—	—
1000	—	—	0,07	13,35	—	—
7000	—	13,44	—	—	—	—
1000	—	—	0,09	13,35	—	0,466 Milliontel = $\frac{1}{2\,146\,700}$
7000	—	13,44	—	—	—	
1000	—	—	0,09	13,35	—	
10000	3185	20,21	—	—	20,1	—
1000	318	—	0,15	20,06	—	—
10000	—	20,23	—	—	—	—
1000	—	—	0,18	20,05	—	—
10000	—	20,24	—	—	—	—
1000	—	—	0,19	20,05	—	—
10000	—	20,25	—	—	—	—
1000	—	—	0,20	20,05	—	—
10000	—	20,26	—	—	—	—
1000	—	—	0,21	20,05	20,2	0,467 Milliontel = $\frac{1}{2\,140\,300}$
10000	—	20,27	—	—	—	
1000	—	—	0,22	20,05	—	
11250	3583	54,27				
1000	318	—	30,86	23,41	—	—

Der Stab streckt sich fortwährend.

gesamte Verlängerung 6,71,
bleibende Verlängerung 0,04,
federnde Verlängerung 6,67 $^1/_{1000}$ cm.

Die dritte Wiederholung ergibt dieselben Werte, so daß die Ausgleichswerte als erreicht anzusehen sind.

Um vollständigen Einblick in das Verhalten des Materials zu gewähren, sind auf S. 203 sämtliche an dem betrachteten Stab beobachteten Werte zusammengestellt.

Die Betrachtung der vorstehenden Zahlen und der Abb. 5, in der die Endwerte zeichnerisch dargestellt sind, läßt deutlich folgendes erkennen:

1. Während auf der ersten Laststufe der Ausgleich (d. h. Gleichbleiben der gesamten, bleibenden und federnden Verlängerungen) nach dem ersten Wechsel erreicht ist, sind hierzu auf den folgenden Stufen mehrere Wechsel erforderlich; namentlich bei Belastung bis 10 000 kg (3185 kg/qcm) bildet sich die bleibende Streckung nur allmählich aus. Auf der zweiten Laststufe macht sich Schwanken der bleibenden Verlängerung bemerkbar.

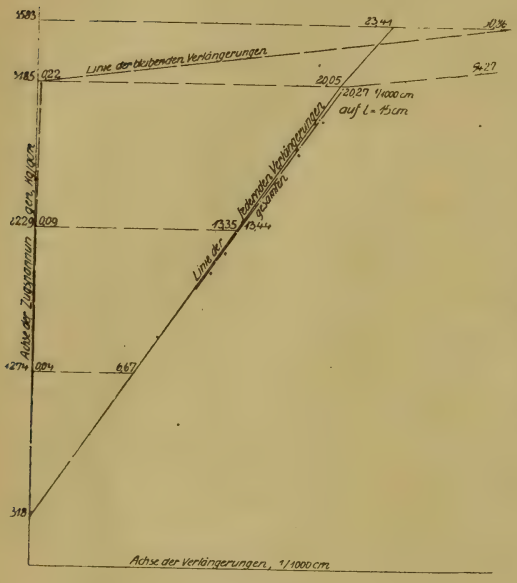


Abb. 5. Elastizitätsversuch.

Abb. 6. Elastische Verlängerungen (Federungen) verschiedener Stoffe.

Dies rührt daher, daß es nicht gelungen ist, die Temperatur gleich zu halten (einer der Vorzüge des beschriebenen Lastwechselverfahrens besteht darin, auf Temperaturschwankungen, welche Meßfehler verursachen können, aufmerksam zu machen). Die Federung wird hierdurch weniger beeinflußt.

2. Geringe Abhängigkeit der Größe der Dehnungszahl von der Höhe der Spannung bis 3185 kg/qcm; doch bleibt α nicht ganz unveränderlich, der Wert nimmt mit steigender Beanspruchung langsam zu (keine scharf ausgeprägte Proportionalitätsgrenze, s. o.).

3. Vorhandensein kleiner bleibender Streckungen schon bei niederen Belastungen. Das Material ist also auch unter diesen nicht vollkommen elastisch (willkürliche Festlegung der Elastizitätsgrenze s. o.).

Zum Vergleich sind in Abb. 6 die Federungen für den eben untersuchten Flußstahl ferner für Kupfer, Gußeisen, Aluminium, Beton, Eschenholz und — in anderem Maßstab — für Leder aufgezeichnet.

4. Nach Erreichen der Beanspruchung $\sigma = 3583$ kg/qcm wächst die bleibende Formänderung überaus stark; der Stab streckt sich fortwährend. Ausgleich würde erst nach sehr zahlreichen Lastenwechseln erzielt. Von dieser Belastung an sind die bleibenden Dehnungen weit größer als die federnden.

b) Zerreißversuch.

Meßlänge $l = 20{,}0$ cm.

Der Stab wird weiter belastet. Hierbei erfolgt Messung der gesamten Verlängerung der Meßstrecke, jedoch mit viel geringerer Genauigkeit als unter a) angegeben. Die Ergebnisse sind in Abb. 7 zeichnerisch

dargestellt, zum Teil in der folgenden Zahlentafel niedergelegt. Sie lassen erkennen:

Belastung		Verlängerung	
kg	kg/qcm	mm	%
5 000	1592	0,3	0,15
10 000	3185	0,5	0,25
11 480	**3656**	0,8	0,4
11 380	**3624**	1,0	0,5
11 470	3653	1,5	0,75
12 000	3822	1,8	0,9
16 000	5096	5,5	2,75
20 050	6385	15,0	7,5
20 900	6656	30,2	15,1
19 200	6115	37,2	18,6

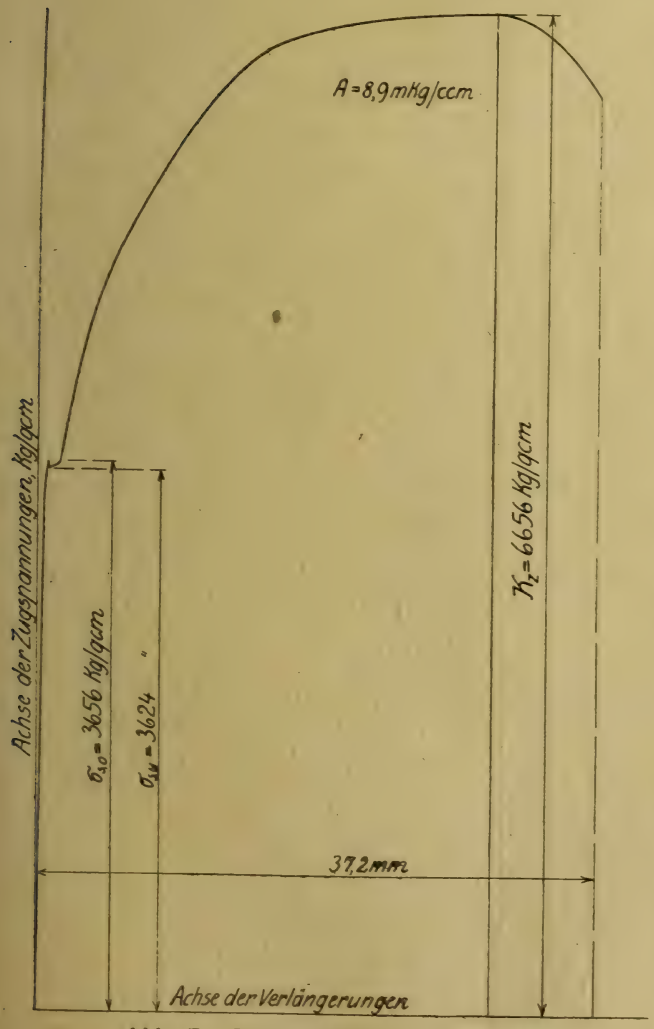


Abb. 7. Dehnungslinie von Flußstahl.

	kg	d. s. kg/qcm
Obere Streckgrenze	11 480	3656
untere Streckgrenze	11 380	3624
Höchstlast (Zugfestigkeit)	20 900	6656
Letzte vor dem Zerreißen beobachtete Last		19 200 kg

Wie oben ausgeführt, schnürt sich der Stab nach Erreichen der Höchstlast örtlich ein. Beim Bruch, der fast genau in der Mitte der Meßlänge erfolgt, beträgt der Stabdurchmesser dort 1,59 cm, entsprechend dem Querschnitt von 1,986 qcm. Folglich

$$\psi = \frac{3{,}14 - 1{,}986}{3{,}14}\ 100 = 36{,}7\,\%.$$

Würde die unmittelbar vor dem Bruch wirkende Kraft auf den ursprünglichen Stabquerschnitt bezogen, so ergäbe sich eine Beanspruchung von 19 200:3,14 = 6115 kg/qcm. Wird sie auf den Bruchquerschnitt berechnet, so findet sich 19 200 : 1,986 = 9668 kg/qcm. Die genaue Beachtung dieser Verhältnisse besitzt namentlich für technologische Untersuchungen Bedeutung. Näheres s. in dem Buche 5.

Die Bruchdehnung, nach Zusammenstecken der Hälften des zerrissenen Stabes bestimmt, ergab sich auf eine ursprüngliche Länge von mm

	50	100	200
zu	15,0	23,5	37,8
oder	30,0	23,5	18,9 %

Die auf 200 mm ermittelte Bruchdehnung stimmt mit dem letzten Wert der obigen Zahlentafel 18,6% nicht ganz überein, weil dieser etwas vor Eintritt des Bruches abgelesen ist. Andernfalls müßte der beobachtete Wert um die Federung größer sein, als der nach dem Zerreißen am nicht mehr belasteten Stab gemessene Betrag. Wäre der Bruch nicht in der Mitte des Stabes eingetreten, so wäre die Verschiedenheit voraussichtlich größer ausgefallen, weil bei Ermittlung der Bruchdehnung nach dem Zerreißen Übertragung (s. o.) stattzufinden hat.

Das Arbeitsvermögen findet sich als Inhalt der

Fläche bis zur Höchstlast (Abb. 7) zu 8,9 mkg/ccm.

13. Form der Probestäbe (Abb. 8—14).

Aufgabe der Stabköpfe: Befestigung in der Prüfungsmaschine und gleichförmige Übertragung der wirkenden Kraft auf die Meßlänge. Allmählicher Übergang vom Kopf zur Stärke der Meßlänge derart, daß in dieser die Dehnung nicht behindert wird. Der zylindrische Teil muß deshalb stets ausreichend länger sein (bei Rundstäben um mindestens die Länge des Durchmessers) als die Meßlänge. Gleichmäßigste Kraftübertragung bei Rundstäben (Abb. 8 und 9). Gewindekernquerschnitt

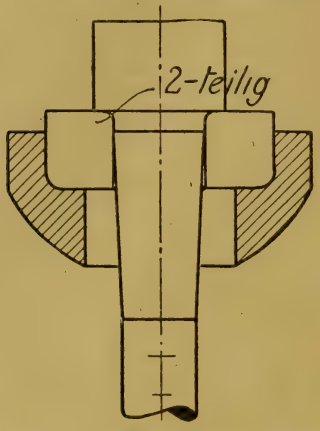


Abb. 8. Kugelige Lagerung (Rundstab mit Kopf).

mindestens 1,5 des Querschnitts in der Meßlänge (Abb. 8: Ausrundung zwischen Kopf und Schaft).

Die Stabköpfe sind kugelig im Kopf der Prüfungsmaschine zu lagern, damit vor Beginn des Versuchs der Stab in ihre Achse eingestellt werden kann. Selbsttätige Einstellung erfolgt unter der Belastung nicht, obwohl dies häufig angegeben wird, weil die Reibung an den Kugelflächen zu groß ist. Wird auf sorgfältige Einstellung nicht geachtet, so erfährt der Stab zusätzliche Biegungsbeanspruchung. Als Beispiel sei ein Gußeisenstab mit 20 mm Durchmesser betrachtet, der nicht ganz richtig eingebaut ist, so daß die Kraft P an einem Hebelarm von nur 1 mm angreift. Die Kraft P ruft dann hervor:

1. die beabsichtigte Zugspannung
$P : 3{,}14 = 0{,}32\ P$ kg/qcm
2. die zusätzliche Biegungsspannung
$P \cdot 0{,}1 : \frac{1}{10} \cdot 2^3 = 0{,}125\ P$ kg/qcm

Summe: 0,445 P kg/qcm

Mit zu wenig sorgfältigem Einspannen der Stäbe hängt es also zusammen, daß häufig bei spröden Stoffen die Zugfestigkeit zu gering ermittelt wird.

Falls Anarbeiten von Köpfen oder Gewinden nicht möglich ist, erfolgt Befestigung durch Beißkeile (Abb. 10); damit können Stangen aus zähem Material ohne Bearbeitung zerrissen werden. Bei sprödem Material tritt leicht Bruch in der Einspannstelle ein, weshalb dann Anarbeiten eines schwächeren Schaftstückes nötig ist (in Abb. 10 gestrichelt). Bei Verwendung von Beißkeilen ist jedoch die Kraftübertragung weniger gleichförmig, als bei Stäben nach Abb. 8, 9. Für Flachstäbe können Stabköpfe nach Abb. 11, 12,

Abb. 11. Flachstäbe, mit Schulter.

Abb. 12. mit Gewinde.

ferner Beißkeile Abb. 13, Verwendung finden. Für die Prüfung von bandartigen Stoffen eignen sich entweder Streifen von der Form Abb. 13 oder geschlossene Bänder

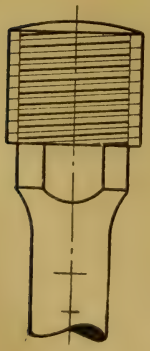


Abb. 9. Rundstab mit Gewinde.

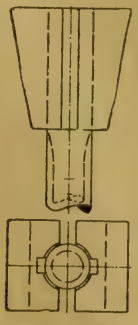


Abb. 10. Befestigung durch Beißkeile (Rundstäbe).

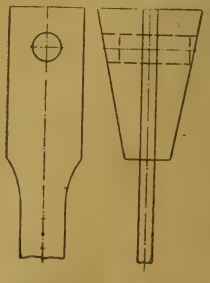


Abb. 13. Befestigung durch Beißkeile (Flachstäbe).

Abb. 14. Auch Schlingvorrichtungen sind im Gebrauch. Bei diesen erfolgt sehr

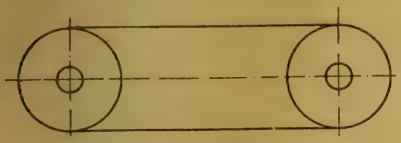


Abb. 14. Prüfung von Riemen und Bändern.

häufig Bruch in der Einspannstelle. Für dicke Seile finden große Beißkeile mit Raspelhieb, oftmals unter Auskleidung durch leicht schmelzendes Metall, weiches Holz usf. Verwendung. Bei Drähten findet nicht selten Befestigung durch Anklemmen statt.

14. Einspannteile s. a. S. 219f.

Zweck: Befestigung der Stäbe in der Prüfungsmaschine und Gewährung einer gewissen Beweglichkeit, um zu erreichen, daß die wirkende Kraft in die Stabachse fällt. Dies läßt sich erreichen durch kugelige Lagerung (Abb. 8), Kreuzgelenk, Aufhängung der Einspannköpfe auf Spitzen usf.

15. Meßgeräte.

a) Feinmeßgeräte.

Bei Ermittlung der Dehnungszahl pflegt Messung bis auf $^1/_{5000}$ mm für erforderlich gehalten zu werden. Sie erfolgt auf zwei gegenüberliegenden Mantellinien des Stabes. Erfährt nämlich dieser Biegungsbeanspruchung, welche fast nie vollkommen zu vermeiden ist, so dehnt sich der Stab auf der einen Seite mehr als auf der anderen. Eine Einzelmessung würde also auf jeder Mantellinie nicht die Verlängerung der Stabachse ergeben, auf die es ankommt. Diese ist vielmehr, wie leicht einzusehen, gleich dem Durchschnitt aus den beiden Messungen auf zwei gegenüberliegenden Mantellinien. Statt diesen Durchschnitt zu bilden, ist es üblich, beide Messungen zusammenzuzählen, und die Verlängerung statt in $^1/_{5000}$ mm in $^1/_{10000}$ mm auszudrücken, was auf dasselbe hinausläuft. Sollen solche Feinmessungen brauchbare Ergebnisse liefern, so muß außerordentlich sorgfältig gearbeitet, auch die Temperatur gleich gehalten werden können. Für viele Zwecke erscheint es richtiger, weniger empfindliche Geräte zu verwenden, so daß keine größere Genauigkeit vorgetäuscht wird, als sich wirklich erreichen läßt (s. u.).

Bei Metallstäben kleinerer Abmessungen finden in Deutschland für Feinmessungen fast ausschließlich Geräte Verwendung, bei denen die erforderliche große Übersetzung durch Spiegelablesung bewirkt wird. Das Wesen der beiden verbreitetsten Geräte geht aus Abb. 15—18 hervor.

Spiegelapparat nach Bauschinger. An einem Ende der Meßlänge l (Abb. 15) sind die

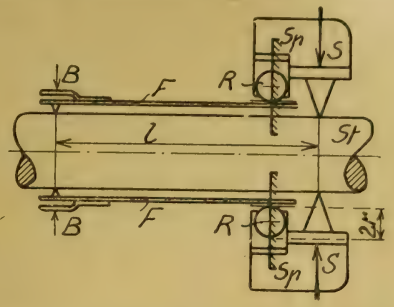


Abb. 15. Bauschingerscher Spiegelapparat.

Schneiden der dünnen Stäbchen (Federn) F durch den Bügel B federnd angedrückt (Angriff der Kraft B etwas links von der Schneide). Am anderen Ende legen sie sich infolgedessen mit leichter Pressung an die Hartgummirollen R an (Durchmesser dieser z. B. 7 mm), die leicht beweglich in einem mit Schneiden S schraubstockartig am anderen Ende der Meßlänge festgeklemmten Rahmen gelagert sind. Erfolgt Verlängerung der Meßstrecke infolge der Belastung auf der einen Seite um Δl_1, auf der anderen Seite des Stabes um Δl_2, so versetzen die Federn F die Rollen R in Umdrehung. Damit dies sicher erfolgt, sind sie auf ihrem Rücken mit feinem Schmirgelpapier belegt. Werden ursprünglich durch die Fernrohre F_1, F_2, Abb. 16

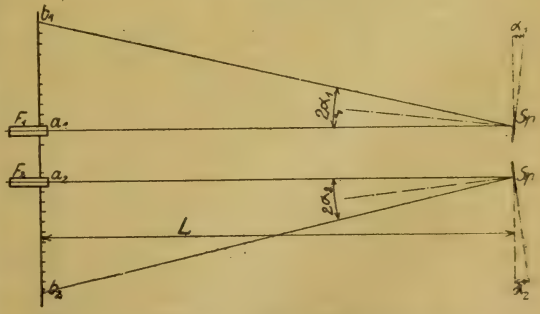


Abb. 16. Ablesung biem Spiegelapparat.

in den Spiegeln Sp die Teilstriche a_1, a_2 angezielt, und erfahren die Spiegel Drehung um die Winkel α_1, α_2, so sind in den Fernrohren nach der Fo mänderung die Teilstriche b_1, b_2 sichtbar. Dann ist

$$\operatorname{tg} 2\alpha_1 = \frac{a_1 b_1}{L} \qquad \operatorname{tg} 2\alpha_2 = \frac{a_2 b_2}{L}$$

Andererseits ist aber

$$\Delta l_1 = r\alpha_1 \qquad \Delta l_2 = r\alpha_2$$

Wird für kleine Winkel $tg2\alpha_1 = 2\alpha_1$ $tg2\alpha_2 = 2\alpha_2$ gesetzt, so kommt hieraus

$$\Delta l_1 = \frac{r}{2L} a_1 b_1 \qquad \Delta l_2 = \frac{r}{2L} a_2 b_2 \quad . \quad . \quad . \quad 13)$$

Mit r = 3,5 mm, L = 3500 mm ergibt sich

$$\Delta l_1 = \frac{a_1 b_1}{2000} \qquad \Delta l_2 = \frac{a_2 b_2}{2000}$$

Weist die Teilung des Maßstabes eine Weite von 4 mm auf, so entspricht dem Ablesungsunterschied a_1b_1 bzw. a_2b_2 um a Teilstriche eine Strecke

$$\Delta l = \frac{a}{500} \text{ mm},$$

und, da auf $\frac{1}{10}$ der Teilung gut geschätzt werden kann, findet somit Messung auf $^1/_{5000}$ mm statt, wie oben angegeben. Statt dessen kann Teilung des Maßstabes auf z. B. 2 mm stattfinden und die Länge L zu 1750 mm gewählt werden usf. Doch empfiehlt es sich, um ausreichenden Abstand von der Prüfungsmaschine und dem gegen die Wärmeausstrahlung des Beobachters empfindlichen Meßgerät zu erhalten, L nicht zu klein zu wählen.

Sollen größere Ausschlagwinkel α verwendet werden, so empfiehlt sich, um Berichtigungen der Gleichungen 13 unnötig zu machen, die Anordnung von Maßstäben, die nach Kreisbögen vom Halbmesser L gekrümmt sind.

Abb. 17 Tafel 11 gibt einen in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart hergestellten Bauschingerschen Spiegelapparat wieder, wie er für liegende Prüfungsmaschinen verwendet wird. Bei Benutzung an stehenden Maschinen werden die langen Spiegelträger durch kurze ersetzt.

Der Bauschingerapparat liefert sehr zuverlässige Werte. Die Verwendung eines Rahmens, dessen zur Befestigung dienende Schneiden kräftig angepreßt werden können, gewährt eine sichere Befestigung an den Probestäben. Die empfindlichen Teile der Vorrichtung sind von den zur Begrenzung der Meßlänge dienenden, der kräftigen Anpressung ausgesetzten Teilen völlig getrennt.

Spiegelapparat nach Martens.

Statt der Hartgummirollen R finden rhombenartige Schneiden R von der Gesamthöhe R (Abb. 18) Verwendung. Die Wirkungsweise ist dieselbe, wie beim Bauschingerapparat. Wie ersichtlich, fehlt ein gemeinsamer Rahmen; die Meßschneiden R dienen gleichzeitig zur Begrenzung der Meßlänge, sie haben also die erforderlichen Anpressungskräfte auszuhalten. Mängel in der Bearbeitung der Stabober-

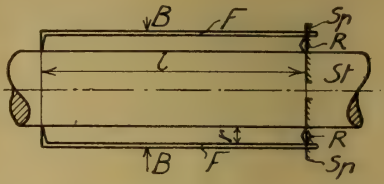


Abb. 18. Martensscher Spiegelapparat.

fläche vermögen die Meßgenauigkeit zu beeinflussen. Als Vorteil ist hervorzuheben, daß die Übertragung nicht durch Reibung erfolgt.

Beide Apparate finden vielseitige Verwendung und lassen sich nach Bedarf Sonderaufgaben anpassen.

Für Probekörper größerer Abmessungen können Bändcheninstrumente nach Bach Verwendung finden, die paarweise an am Probekörper angeschraubten Bügeln befestigt werden, vgl. Abb. 20. Die Bewegung des unteren Bügels wird durch die Holzstange St (Abb. 19) auf den

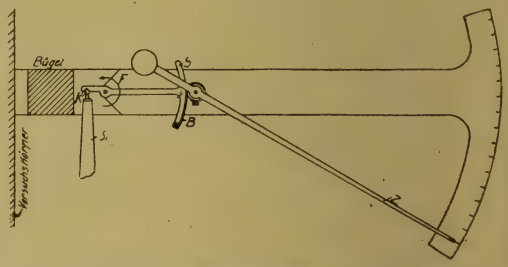


Abb. 19. Bändcheninstrument nach Bach.

oberen Bügel übertragen. Hier erfolgt Übersetzung. Der kurze Hebelarm des Sektors S wird durch eine Spiralfeder gegen die Kugelspitze K der Stange gedrückt, so daß er die Bewegung des Endes der Stange St mitmacht. Am Umfang von S ist ein feines Metallband B befestigt, das die kleine Rolle mitnimmt, auf deren Achse der Zeiger Z sitzt. Abb. 21 Tafel 9 zeigt Instrumente, ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt Stuttgart. Sie gewähren gegenüber Spiegelapparaten den Vorteil, daß die getrennte Aufstellung der Fernrohre entfällt. Die Meßgenauigkeit und Zuverlässigkeit ist ebensogroß, wie beim Spiegelapparat.

b. Geräte für weniger feine Messungen.

Falls Messung auf etwa $^1/_{100}$ mm genügt, was z. B. für Bestimmung der

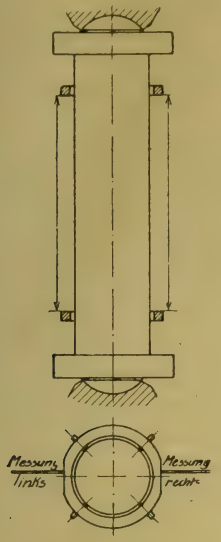


Abb. 20. Messungen an einem gedrückten Zylinder.

Streckgrenze in der Regel ausreicht, finden nicht selten Anordnungen gemäß Abb. 22 Anwendung. Die Übersetzung

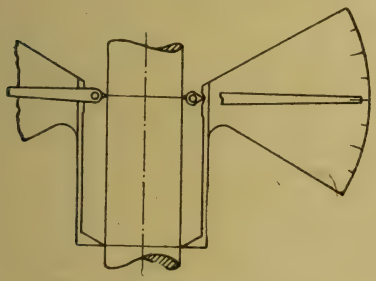


Abb. 22. Zeigerapparat.

erfolgt mittels einer rhombenförmigen Schneide (vgl. den Spiegelapparat von Martens), die einen Zeiger trägt. Auch hier haben zwei gegenüberliegende Geräte Anwendung zu finden.

Diese Anordnung ermöglicht, da die Schneide bei größerem Weg umkippt, nur die Messung kleiner, etwa 1 mm betragender Dehnungen. Sollen größere Wege gemessen werden, so können Geräte mit Rollen (vgl. Spiegelapparat nach Bauschinger) Verwendung finden.

Meist genügt jedoch, wenn es sich um größere Wege handelt, eine Meßgenauigkeit von 0,1 oder 0,05 mm, so daß Nonieninstrumente angewendet werden können. Vielfach reicht sorgfältiges Abstechen der Länge mittels Spitzzirkels aus.

c) Schaubildzeichner (Diagrammapparate s. S. 220) sind Geräte, welche in Verbindung mit den Prüfungsmaschinen Schaubilder liefern, die die Abhängigkeit der Formänderung von der wirkenden Kraft erkennen lassen. Die Formänderungen werden meist mittels Schnur, Kette, Drahtseil usf. auf eine Trommel übertragen, über der sich ein Stift bewegt, der vom Laufgewicht, Manometer usf. der Prüfungsmaschine angetrieben ist.

16. Verschiedene Einflüsse, auf die bei der Vornahme der Versuche zu achten ist.

a) Einfluß der Form der Probestäbe.

Falls die Meßlänge ohne ausreichenden Übergang an die Stabköpfe anschließt, ergibt sich die Bruchdehnung zu klein; ist die Meßlänge im Vergleich zum Durchmesser des Stabes zu klein, so findet sich die Zugfestigkeit zu groß, beides infolge der Hinderung der Querdehnung durch die Stabköpfe (4, 1912, S. 1314). Ist die Meßlänge nicht genau prismatisch bearbeitet, so können sich bedeutende Fehler hinsichtlich der Bruchdehnung ergeben (vgl. das im folgenden unter b Bemerkte). Besitzen die Stäbe Querschnitte mit sehr verschieden dicken Teilen (Profilstäbe), so pflegt die Festigkeit etwas geringer auszufallen als z. B. bei Rundstäben. Falls sich die Querschnittsteile in verschiedenen Zuständen befinden (z. B. bei kalt gezogenen Profilen), kann Trennung in Einzelstäbe nötig werden.

b) Einfluß von Fehlstellen.

Meist vermindern Fehlstellen von geringen Abmessungen die Festigkeit nicht beträchtlich; trotzdem kann ihr Einfluß auf die Bruchdehnung zäher Stoffe bedeutend sein, weil ein großer Teil der Dehnung nicht zur Ausbildung gelangt, wenn nicht die volle Zugfestigkeit erreicht wird (Näheres S. 236). Bei spröden Stoffen äußern die Fehlstellen um so größeren Einfluß, je einseitiger sie auftreten (Biegungsbeanspruchung).

c) Einfluß der Temperatur.

Bei den meisten Metallen sinkt die Zugfestigkeit mit Steigen der Temperatur. Schmiedeisen und Stahl zeigen abweichendes Verhalten (s. S. 235f.). Bei einzelnen Metallen wie z. B. Weißmetallen und Zink ist dieser Einfluß der Temperatur so bedeutend, daß sich schon ein Temperaturunterschied von 10° ausgeprägt bemerklich macht.

d) Einfluß der Zerreißgeschwindigkeit.

Rascheres Zerreißen liefert größere Zugfestigkeitszahlen. Das Maß der Zunahme ist bei gewöhnlicher Temperatur sehr verschieden; gering z. B. bei Flußeisen, erheblich bei Kupfer, Zink, Zinn. Rasch zerrissene Stäbe ergeben geringere Dehnung (sofern nicht mehrere Einschnürungen eintreten).

Bedeutender ist der Einfluß der Geschwindigkeit bei höherer Temperatur; bei Stahlguß, Flußeisen z. B. von etwa 400° C an.

17. Dauerversuche.

Die bisher besprochenen Versuche werden mit stetiger Laststeigerung oder wenigen Lastwechseln durchgeführt. Die Stoffe verhalten sich jedoch anders, wenn die Kraft ihre Größe (und Richtung) sehr oft wechselt. Dann reicht eine weit geringere Kraft aus, um den Bruch herbeizuführen. Die ersten derartigen Versuche in großem Umfang wurden von Wöhler durchgeführt und haben ergeben, daß die Widerstandsfähigkeit sich ungefähr wie $1 : {}^1/_2 : {}^1/_3$ verhält, wenn die Last a) ruhend wirkt, b) von Null bis zum Höchstwert steigt und sinkt, c) auf Zug und Druck abwechselnd gleich hohe Beanspruchung hervorbringt. Bemerkt sei noch, daß Fehlstellen, scharfe Ecken usw. bei derartigen Dauerversuchen die Widerstandsfähigkeit viel bedeutender beeinträchtigen können, als beim gewöhnlichen Zugversuch. Näheres s. in dem Wöhlerschen Buch 6.

B. Druck.

Hier gilt zunächst sinngemäß das gleiche wie unter Zug dargelegt.

1. Druckfestigkeit; Dehnungslinie.

Unter Druckfestigkeit wird der Quotient Höchstlast : ursprünglicher Querschnitt verstanden. Spröde Körper, wie Steine usf. erfahren bis zum Bruch so geringe Formänderung, daß dieses Vorgehen einwandfrei erscheint. Zähe Körper, z. B. Blei, Kupfer vertragen weitgehende Stauchung, verbunden mit starker Vergrößerung des Querschnittes; Bruch erfolgt bei ihnen überhaupt nicht. Sehr viele Stoffe brechen zwar, aber erst nach mehr oder weniger weitgehender Stauchung. Selbst bei Gußeisen z. B. ist diese nicht unerheblich. Trotzdem pflegt die Druckfestigkeit auf den ursprünglichen Querschnitt bezogen zu werden.

Die Abb. 23, Tafel 10 zeigen zerdrückte Zylinder ursprünglich gleicher Abmessungen aus Gußeisen, Schweißeisen, Zink, Flußeisen, sowie Würfel aus Zementmörtel und Holz.

Die Dehnungslinie zäher Stoffe verläuft zunächst ähnlich wie beim Zugversuch. Nach weitgehender Formänderung macht sich jedoch die Querschnittsvermehrung stark geltend. Während die Querschnittsverminderung beim Zugversuche ein Abfallen der Dehnungslinie zur Folge hatte, tritt hier das Gegenteil ein, die Dehnungslinie steigt je nach der Art

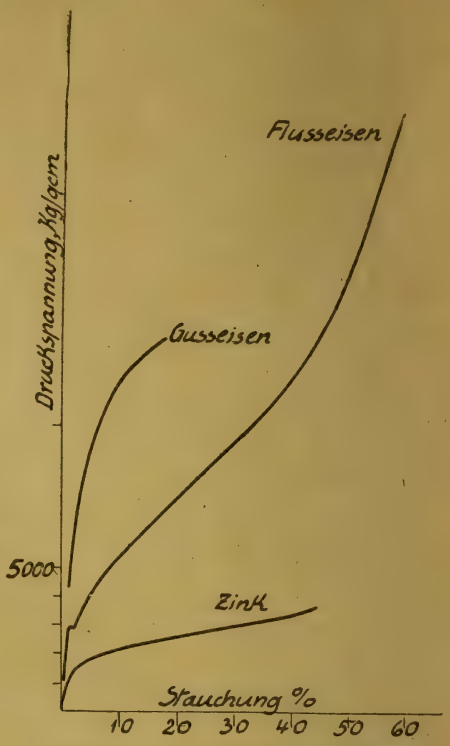


Abb. 24. Zusammendrückungen verschiedener Stoffe.

des Materials mehr oder weniger steil an (vgl. Abb. 24). Von einer eigentlichen Druckfestigkeit kann dann nicht gesprochen werden. (Quetschgrenze s. S. 200 234)

Der Vermehrung des Querschnitts wirkt an den Bruchflächen die Reibung entgegen, welche um so größeren Einfluß zu üben vermag, je niedriger der Körper ist. Die Druckfestigkeit hängt daher von der Höhe des Probekörpers ab. In der Regel wird die an Würfeln (oder Zylindern mit einer Höhe gleich dem Durchmesser) ermittelte Druckfestigkeit angegeben. Mit Zunahme der Höhe nimmt die letztere ziemlich rasch bis auf etwa 0,9 bis 0,8 der Würfelfestigkeit ab (Säulen- oder Prismenfestigkeit). Bei noch größerer Höhe erfolgt Ausknicken unter noch geringerer Druckbeanspruchung.

Auch die Form der Probekörper ist nicht ohne Bedeutung. Dünnwandige Rohre, Profilstäbe usf. zeigen häufig örtliche (wellenförmige) Ausknickung bei Beanspruchungen, die weit unter der

Druckfestigkeit liegen. (Näheres s. 1, § 13 und § 25.)

2. Einspannteile.

Damit die belastende Kraft, wie beabsichtigt, möglichst genau in die Körperachse fällt, müssen 1. die Endflächen der Probekörper sauber bearbeitet sein, 2. die Mitten beider Endflächen in die Achse der Prüfungsmaschine fallen und 3. beide Endflächen den Druckflächen der Maschine genau parallel stehen. Dies ist zuverlässig nur zu erreichen, wenn beide Druckplatten kugelig gelagert sind, vgl. Abb. 20. Die zu findende Angabe, es genüge kugelige Lagerung einer Druckplatte, trifft für längere Probekörper nicht zu. Auch bei kugeliger Lagerung erfolgt nicht selbständiges Parallelstellen (vgl. S. 206).

3. Meßgeräte.

Die üblichen Meßgeräte sind dieselben wie für Zug beschrieben.

C. Biegung.

1. Spannung, Biegungsfestigkeit.

Die üblichen Gleichungen zur Bestimmung der durch das biegende Moment M_b kg.cm bewirkten Biegungsspannung (z. B.

$$K_b = M_b : \frac{1}{6} bh^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 14)$$

für Rechteckstäbe von der Höhe h und der Breite b,

$$K_b = M_b : \frac{1}{10} d^3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 15)$$

für kreiszylindrische Stäbe vom Durchmesser d) haben zur Voraussetzung, daß die Spannungen den Dehnungen proportional sind, was (s. S. 299) im allgemeinen nicht zutrifft. Wachsen z. B. wie beim Gußeisen (bei zähen Stoffen nach Überschreiten der Fließgrenze) die Dehnungen rascher als die Spannungen, so ergeben diese Gleichungen die Spannungen zu groß. Wird daher aus Biegungsversuchen, die bis zum Bruch reichen, die Biegungsfestigkeit berechnet, so liefern die Gleichungen Spannungen, die im Vergleich zu den Ergebnissen von Zug- und Druckversuchen zu groß sind. Dabei äußert die Form des Querschnitts Einfluß. (Näheres s. 1, § 22.)

Bei Biegungsbeanspruchung dünnwandiger Stäbe kann ferner Ausknicken eintreten wie oben schon für Druckbeanspruchung erwähnt.

2. Durchbiegung.

Soll aus Biegungsversuchen auf die Größe der Dehnungszahl geschlossen werden, so muß darauf geachtet werden, daß die neben dem biegenden Moment in der Regel auftretende Schubkraft, welche die Durchbiegung vermehrt, nicht zu viel Einfluß äußert. (Bei Gußeisen dient die Durchbiegung im Augenblick des Bruches als Maß der Zähigkeit. (Näheres s. 1, § 22.)

3. Meßgeräte.

Bei genaueren Messungen sind die Eindrückungen und Verschiebungen an den Auflagern zu berücksichtigen. Am einfachsten geschieht dies, wenn in der Schwerlinie des Stabes ein feiner Draht gespannt und die Durchbiegung in der Mitte gegenüber der so festgelegten Linie gemessen wird (z. B. mit Mikroskop); dabei läßt sich eine Genauigkeit von etwa $^1/_{100}$ mm erreichen, die für viele Zwecke ausreicht. Für genauere Messung sind die Bewegungen der Auflager und in der Stabmitte gesondert zu messen. Abb. 25, Tafel 10 zeigt eines der hierzu von Bauschinger vorgeschlagenen Geräte. Zur Messung der Durchbiegung von Decken usf. sind verschiedene Geräte im Gebrauch. Bei dem Gerät von Griot wird z. B. die zu messende Bewegung durch einen Draht auf eine Rolle übertragen, die einen Zeiger trägt. Die Wärmeausdehnung des Drahtes bildet eine Fehlerquelle. Bei stoßweiser Belastung können erhebliche Meßfehler auftreten, wenn die Reibung zwischen Rolle und Draht zur Beschleunigung des Zeigers nicht ausreicht, was häufig der Fall sein wird. Für die meisten Zwecke dürfte Ablesung an einem an der Decke befestigten Maßstab mit Nivellierinstrument genügen, was den weiteren Vorteil bietet, daß der Platz unterhalb des belasteten Deckenfeldes nicht betreten zu werden braucht.

4. Technologische Biegeprobe. Biegewinkel, Biegegröße. Hin- und Herbiegeprobe.

Zur Prüfung der Zähigkeit werden Streifen von Blechen oder Stababschnitte auf 2 Auflager gelegt und in der Mitte belastet, in der Regel durch einen Dorn

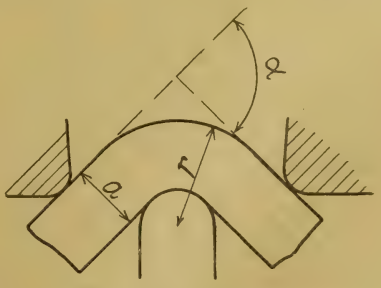


Abb. 26. Biegprobe.

von bestimmtem Durchmesser. Als Maß der Zähigkeit kann der Biegewinkel α im Augenblick des Bruches (Abb. 26) angesehen werden. Dabei wird angenommen, daß sich der Probekörper überall an den

Dorn anlegt, was aber nicht genau zutrifft Nachdem die Schenkel parallel stehen, kann der Stab weiter zusammengedrückt werden, bis die Schenkel flach aufeinander liegen (Abb. 27). Statt des Biegewinkels wird von Vielen die Biegegröße als Zähigkeitsmaß verwendet (vgl. Abb. 26), r ist an der gebrochenen Probe als Krümmungshalbmesser zu messen:

$$B_g = \frac{50\,a}{r - \frac{a}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 16)$$

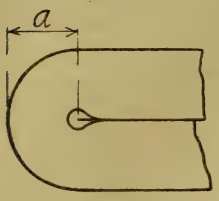


Abb. 27. Biegprobe.

Abb. 28. Querschnitt eines gebogenen Stabes.

welche beim flachen Zusammendrücken den Wert 100 annimmt, sofern die Stabdicke den ursprünglichen Wert beibehält, was an rechteckigen Stäben bei weitgehender Biegung nicht zutrifft, vgl. Abb. 28, die den Querschnitt an der am stärksten gebogenen Stelle des Stabes (Abb. 27) wiedergibt. Bei Vorschriften über die Größe von B_g wäre also anzugeben, wo der Halbmesser r (Abb. 26) zu messen (Stabmitte oder Rand) und ob für a der ursprüngliche oder der jeweils vorhandene Wert einzuführen ist. Abb. 29

Abb. 29. Biegeproben.

zeigt Stäbe, die bei der Biegeprobe gebrochen sind. Sie lassen die Formänderung der Querschnitte erkennen. S. a. S. 222f.

Da zähes Material bei einmaliger Biegung nicht bricht, so wird nicht selten, namentlich bei Drähten und dünnen Blechen, zur Hin- und Herbiegeprobe gegriffen, bei der die Stäbe meist um einen Winkel von 90° nach beiden Richtungen umgebogen werden, wie aus Abb. 30 ersichtlich. Als Maß der Zähigkeit dient die Zahl der Biegungen, die das Material erträgt, ohne zu brechen. Der in Abb. 30 mit 1a und 1b bezeichnete Weg zusammen gilt als

Abb. 30. Hin- und Herbiegeprobe.

Abb. 31. Kerbbiegeprobe n. Heyn.

eine Biegung. Für gutes Anlegen der Schenkel an die Rundung der Spannbacken ist zu sorgen.

5. Kerbbiegeprobe. Kerbschlagprobe.

Nach dem Vorschlag von Heyn (8, 1906, S. 263) werden zur Hin- und Herbiegeprobe kleine Stäbe verwendet, die auf einer Seite gekerbt sind (Abb. 31), in den Schraubstock gespannt und durch Hammerschläge um 90° gebogen sowie wieder in die Gerade gerichtet, nochmals umgebogen werden usf., bis der Bruch erfolgt.

Weitere Verbreitung hat die Kerbschlagprobe gefunden, bei der als Maß der Zähigkeit die Arbeitsmenge betrachtet wird, die zum Durchschlagen der Stäbe erforderlich ist. Die Stäbe werden am besten auf 2 Auflager gelegt und durch einen Schlag eines pendelnd aufgehängten Hammers durchgeschlagen. Als Kerbe dient am besten ein gebohrtes und aufgeschnittenes Loch, doch sind auch andere Kerbformen in Anwendung. Jede Änderung der Kerbform oder der Abmessungen der Stäbe beeinflußt das Ergebnis. Abmessungen üblicher Probestäbe (quadratisch) s. Abb. 32, 33.

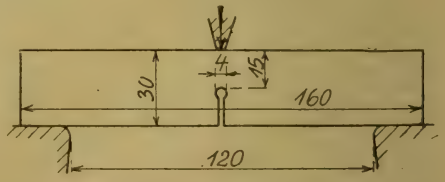


Abb. 32. Kerbschlagprobe, großer Stab.

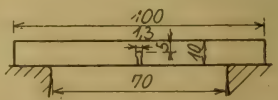


Abb. 33. Kerbschlagprobe, kleiner Stab.

L = 160 mm, l = 120 mm, H = 30 mm, h = 15 mm, d = 4 mm, Breite b = H
L = 100 mm, l = 70 mm, H = 10 mm, h = 5 mm, d = 1,3 mm, Breite b = H.

Werden zum Durchschlagen A mkg verbraucht, so gilt als Kerbzähigkeit der Wert A:f = A:b.h mkg/qcm.

Hierbei ist zu beachten, daß Änderung der Breite b bei Stäben nach Abb. 32 das Ergebnis manchmal sprungweise beeinflußt (4, 1912, S. 1311 ff.); bei Stäben nach Abb. 33 nimmt dagegen der Wert A:f mit zunehmender Breite mehr oder weniger stetig ab. Die für die Kerbzähigkeit berechneten Werte sind für die kleineren Stäbe meist kleiner als für die größeren, eine bestimmte Verhältniszahl läßt sich aber nach dem oben Gesagten nicht angeben; doch findet sich nicht selten A:f für die großen Stäbe ungefähr doppelt so groß wie für die kleinen.

Nicht selten wird empfohlen, die Stäbe einseitig festzuklemmen (Abb. 34). Damit kann nur ein Biegewinkel von höchstens 80° erreicht werden, der oft zum Durchbrechen nicht ausreicht, auch wird der Hammer zur Seite gedrückt. Dabei finden häufig statt des einmaligen Schlages wiederholte Schläge Anwendung. Als Schlagarbeit gilt dann die Summe der aufgewendeten Arbeiten. Dieses Verfahren ist weniger empfehlenswert, weil jedesmal ein Teil der Arbeit auf die elastische Formänderung verwendet werden muß, so daß die zum Bruch erforderliche Arbeit um so größer ausfällt, je schwächer der einzelne Schlag ist.

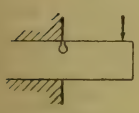


Abb. 34. Kerbschlagprobe.

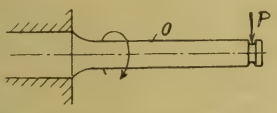


Abb. 35. Dauerversuch.

6. Dauerbiegeversuche.

Wie bei Zug, Ziff. 17, erwähnt, können auch unterhalb der Zugfestigkeit gelegene Beanspruchungen zum Bruch führen, wenn die Last nicht stetig gesteigert wird, sondern nach Größe und Richtung häufig wechselt. Da die Zahl der neuerdings angewendeten Versuchsarten eine überaus große ist, kann auf sie hier nicht näher eingegangen werden. Häufig findet das in Abb. 35 dargestellte Verfahren Anwendung. Dabei dreht sich der Probestab, während die Kraft P stetig in derselben Richtung wirkt. Die bei O befindliche Faser erfährt also bei jeder Umdrehung einmal Zug- und einmal Druckbeanspruchung. In neuerer Zeit werden Dauerversuche auch mit stoßweiser Beanspruchung ausgeführt. Näheres s. im Literaturverzeichnis unter 6.

D. Knickung.

Die Belastung, unter der ein sehr schlanker Stab ausknickt, hängt in erster Linie nicht von der Festigkeit des Materials ab, sondern von der Größe der auftretenden Formänderung. Diese ihrerseits ist bei gleicher Stablänge bedingt durch die Materialbeschaffenheit, die Querschnittsform, die Befestigung der Stabenden, und durch die mehr oder weniger vollkommene Geradlinigkeit der ursprünglichen Stabachse. Bei zusammengesetzten und bei dünnwandigen Querschnitten knicken nicht selten Teile des Stabes aus, ehe dies der ganze Stab tut, wodurch die Widerstandsfähigkeit dann erschöpft ist.

In allen Fällen ist zu prüfen, ob die Quetschgrenze des Materials erreicht wird.

E. Schub, Scherung.

Bei Beanspruchung auf Schub steht die wirkende Kraft nicht, wie bei Zug und Druck, senkrecht zum betrachteten Q erschnitt, sondern sie fällt in seine Ebene. An die Stelle der Dehnung tritt dann die durch die Abb. 36 veranschaulichte Winkeländerung γ, welche ein durch die Schubkraft S beanspruchtes Körperelement erfährt. Mit der Schiebung sind in den gegenüber S geneigten Richtungen Verlängerungen λ und damit Dehnungen verknüpft, welche unter 45° den Höchstwert erreichen. Reine Schubbeanspruchung läßt sich auf dem Wege des Versuches nicht herstellen, weil sich gleichzeitige

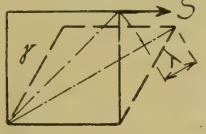
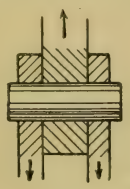
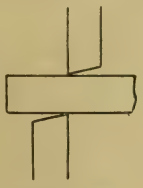


Abb. 36. Schiebung.



Ab. 37. Scherversuche.



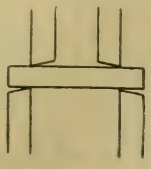


Abb. 38. Abb. 39. Scherversuche.

Biegungsspannungen nicht vermeiden lassen.

Scherversuche pflegen mit den aus Abb. 37 bis 39 hervorgehenden Vorrichtungen angestellt zu werden, welche jedoch außer der Schubbeanspruchung auch biegende Momente erzeugen und daher Werte liefern, die von den Abmessungen der Einspannteile nicht unabhängig sind (1, S. 40).

F. Verdrehung.

Der stabförmige Körper wird von einem Kräftepaar ergriffen, das in einer Ebene senkrecht zu seiner Achse wirkt. Dabei gehen ursprünglich quadratische Körperelemente in Rhomben über, wie unter E besprochen, das Material wird also auf Schub beansprucht.

Der Zusammenhang zwischen drehendem Moment und Schubspannung ist auf dem Wege der Rechnung nur für wenige einfache Querschnittsformen mit Sicherheit ermittelt und auch für diese nur, solange die Dehnungen den Spannungen proportional sind.

Wachsen die Dehnungen rascher als die Spannungen (Gußeisen, Beton, Flußeisen nach Überschreiten der Streckgrenze), so ergibt die übliche Rechnung die Spannung zu groß, ähnlich wie beim Biegungsversuch. Das Maß dieses Zugroß ist von der Querschnittsform abhängig.

Als Maß der Zähigkeit wird häufig die Anzahl der Verdrehungen angesehen, welche der (meist kreisförmige) Probekörper aushält, ehe er bricht. Bei solchen Versuchen führen selbst geringfügige Verletzungen der Staboberfläche den Bruch vorzeitig herbei. Nicht selten tritt ungleichförmige Verwindung ein, so daß ganze Stabteile fast ohne Formänderung bleiben. (Näheres 1, § 32 usf.)

Zum Messen der Verdrehung dienen z. B. Zeigervorrichtungen oder Spiegel mit Fernrohrablesung.

G. Härte.

Die Härte wird bei Konstruktionsmaterialien in der Hauptsache ermittelt durch die a) Kugeldruckprobe, b) Kegeldruckprobe, c) Fallprobe, d) Schlagprobe, e) Ritzprobe, f) Bohrprobe.

a) Kugeldruckprobe (Brinell, 16. Paris 1900, Kürth und Meyer 3, Heft 65, 66; Martens und Heyn 3, Heft 75; Stribeck 4, 1901, S. 73; 1907, S. 1445; Meyer 4, 1908, S. 645; Kürth 4, 1908, S. 1560, 1608; Zahlenwerte in dem Buche 2).

Nach dem Vorschlage von Kohn und (unabhängig von diesem) Brinell wird eine Kugel aus gehärtetem Stahl mit der Kraft P kg gegen die ebene Oberfläche des zu prüfenden Materials gedrückt.

Ruft die Kugel einen bleibenden Eindruck mit der kugeligen Oberfläche f qmm hervor, so gilt als Härtezahl

$$H = P:f \text{ kg/qmm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 17)$$

Die Größe von H ist abhängig außer von den Eigenschaften des Stoffes von der Größe der Kugel und der Anpressungskraft sowie von der Dauer der Anpressung. Letztere soll so groß gewählt werden, daß eine bedeutende Zunahme des Eindruckes bei längerer Einwirkung nicht mehr erfolgt. Für Flußeisen z. B. genügt hierzu in der Regel ½ bis 1 Minute. Doch wird häufig auch geringere Anpressungszeit angewendet. Vergleichbare Werte sind dabei nur zu erreichen, wenn die Anpressungszeit gleich gewählt worden war.

Für Flußeisen hat sich $d = 10$ mm und $P = 3000$ kg eingebürgert, doch sind diese Größen nur anwendbar, wenn die Probekörper sowohl ausreichend dick (6—10 mm oder mehr) und ausreichend groß (mindestens etwa 20 mm Durchmesser) sind. Wird P kleiner gewählt, so ergibt sich H kleiner, bedeutend ist der Unterschied aber bei Flußeisen erst für $P < 1500$ kg.

Stehen nur kleinere oder dünnere Proben zur Verfügung, so wird eine kleinere Kugel verwendet. Vergleichbare Werte ergeben sich z. B. für $d = 5$ mm und $P = 750$ kg (Dicke > 3—5 mm), $d = 2{,}5$ mm und $P = 187{,}5$ kg, so daß stets die Größe $P: d^2 = 30$ ist.

Bei Eisenbahnschienen hat sich $d = 19$ mm und $P = 50\,000$ kg eingebürgert.

Bei Weichmetall findet nicht selten $d = 10$ mm, $P = 1000$ kg oder auch $d = 20$ mm, $P = 500$ kg Verwendung. Auf die Anpressungszeit ist genau zu achten (s. o.)[1]).

Die Bestimmung der Größe von f erfolgt entweder durch Messung des Eindruckdurchmessers a oder durch Messung der Eindrucktiefe h.

$$f = d\pi\left(\frac{d}{2} - \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}\right) \text{ oder}$$

$$f = d\pi h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 18)$$

Die Eindrucktiefe ergibt also f durch einfachere Rechnung. Dagegen ist die

[1]) Nach dem Vorschlag der Poldihütte (4, 1912, S. 1522) wird die Kugel zwischen das zu prüfende Stück und eine Vergleichsplatte gelegt, die gegeneinander gedrückt werden. Die in beiden entstandenen Eindrücke sind zu vergleichen. Der Eindruck erfolgt von Hand unter Verwendung eines kluppenartigen Gerätes, zu dem verschiedene Vergleichsplatten gehören.

Messung des Eindruckdurchmessers vorzuziehen, einmal, weil a > h und sodann, weil beim Eindrücken der Kugel am Rande des Eindruckes Formänderungen entstehen, welche auf die Größe von H Einfluß üben müssen, aber bei der üblichen Art der Messung von h nicht zur Geltung gelangen, während dies bei Bestimmung von a der Fall ist. Ebenso liegen die Verhältnisse, wenn die Eindrücke etwas oval ausfallen. a ist dann als Durchschnitt aus 2 Messungen zu bestimmen.

Messung von a erfolgt durch Mikroskope, Schiebergeräte mit Nonienablesung oder Winkelmaßstäbe, deren Anwendung aus Abb. 40 hervorgeht. Zur Messung

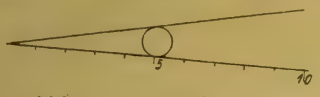


Abb. 40. Winkellineal.

von h sind verschiedenartige Mikrometer oder Geräte ähnlich den in Abb. 22 dargestellten im Gebrauch, meist im Zusammenhang mit den Prüfmaschinen.

Für Flußeisen und Flußstahl besteht zwischen der Zugfestigkeit und der Größe von H (d = 10 mm, P = 3000 kg; Eindruck auf Ebenen senkrecht zur Achse des Zugstabes) mit Annäherung die Beziehung $K_z = 36$ H kg/qcm = 0,36 H kg/qmm 19)

Ist die Übereinstimmung der aus der Größe von H berechneten Werte von K_z mit dem aus Zugversuchen ermittelten Wert auch keine vollkommene, so genügt sie doch für viele Zwecke. Hierin liegt die große Bedeutung der Kugeldruckprobe; diese läßt sich z. B. an fertigen Stücken ausführen, ohne daß Probekörper herausgearbeitet werden, meist ohne deren Verwendung zu beeinträchtigen.

Martens und Heyn bezeichnen als Kugeldruckhärte die Kraft, die nötig ist, um eine 5 mm-Kugel 0,05 mm tief in den Probekörper einzudrücken.

Eine andere Art der Kugeldruckprobe ist von Stribeck als Prüfverfahren für gehärteten Stahl empfohlen worden. Dabei werden zwei Kugeln gegeneinander gedrückt unter Ermittlung der Kraft, welche den ersten Kreissprung um die Druckstelle hervorbringt, sowie der Bruchlast. (Näheres s. 4, 1901, S. 73f., 1907, S. 1445f.)

Statt der Kugeln werden von Föppl und Schwerd (7, Heft 25 und 28) Zylinder von gleichem Durchmesser gegeneinander gedrückt, wobei ebenfalls kreisförmige Druckflächen entstehen, deren Durchmesser als Härtemaß verwendet wird.

b) Kegeldruckprobe.

Nach dem Vorschlag von Ludwik (17) wird statt der Kugel ein Kegel verwendet. Als Eindruckfläche gilt die Mantelfläche des Eindruckes, berechnet aus der Eindrucktiefe. Die Kegeldruckhärte ist von der Größe der Anpressungskraft unabhängig.

c) Fallprobe (Skleroskop).

Nach Shore — 25, 1908, S. 237 — wird die Härte eines Stoffes durch die Höhe des Rückpralls gemessen, den ein auf das Stück fallender Stahlbär auszuführen vermag. Genau wagrechte Ausrichtung der ebenen, vom Schlag getroffenen Fläche, sehr gute Befestigung der Probe — die Masse der vom Schlag des Bärs getroffenen Körper bedingt zum Teil die Höhe des Rückpralls — sorgfältige Bearbeitung und Entfettung der Oberflächen sind Grundbedingungen für die Erlangung vergleichbarer Werte (für jeden Versuch ist eine andere Stelle des Probekörpers zu wählen).

Die Fallhärte mißt nach dem Vorstehenden den Grad der Vollkommenheit der elastischen Formänderung, die Kugeldruckhärte die bleibende Formänderung. Beide Härtezahlen stehen daher nicht in einem für alle Stoffe gleichbleibenden Verhältnis.

Nach Saniter (16, 1912, III, 1) ergaben sich für verschiedene Stahlproben folgende Härtewerte:

nach Brinell	nach Shore	nach Brinell	nach Shore
202	30,5	255	37,5
223	25,0	255	37,5
228	32,0	269	41,0
228	33,0	283	41,5
228	34,0	288	42,0
241	36,0	293	42,0
250	37,5	315	44,0

Nach Turner (Metallurgie 1909, S. 375) beträgt

	Härtezahl nach Brinell	Härtezahl nach Shore
Blei	6	1
Zinn	15	3
Zink	45	7
Kupfer, hart	72	12
Flußeisen	96—144	22
Weiches Gußeisen	144	24
Schienenstahl	156—210	27
Hartes Gußeisen	210	44
Hartguß	450	70
Gehärteter Stahl	558	95

(Vgl. auch 22 sowie die Darlegungen von Schneider über die Kugelfallprobe in 4, 1910, S. 1631.)

Der Pendelhärteprüfer Norma-Kirner (4, 1910, S. 1834) mißt die Höhe des Rückpralls eines pendelnd aufgehängten Hammers, der das Probestück mit kegeliger Spitze trifft. Er ist insbesondere für die Prüfung von Stangenmaterial im Fabriklager bestimmt.

d) Schlagprobe.

Von mehreren Seiten sind Geräte vorgeschlagen worden, die Kugeleindrücke durch einen Schlag von bestimmter Stärke erzeugen, u. a. ein handliches kleines Gerät des Verfassers (Schlaghärteprüfer, hergestellt von der Zahnradfabrik G. m. b. H. Friedrichshafen a. B.), bei welchem der Schlag durch die ausgelöste Kraft einer von Hand gespannten Feder auf die gegen das Probestück gepreßte Stahlkugel erfolgt. Der Eindruck erfolgt also hier nicht wie bei der Kugeldruckprobe durch eine Kraft, sondern durch eine bestimmte Arbeitsmenge. Wie unter c erörtert, ergibt sich zwischen Kugeldruck-, Fall- und Schlaghärte nicht eine vom Stoff unabhängige Verhältniszahl.

Der Schlaghärteprüfer ist aus der Absicht entstanden, ein leichtes Gerät zu schaffen, das keine Aufstellung erfordert und überallhin mitgenommen werden kann, um schwere oder sperrige Stücke zu untersuchen. Überdies ermöglicht er die Sichtung der Lagerbestände ohne große Vorbereitungen. Bei kleinen Stücken ist für satte Auflage auf einem Amboß oder Einspannung in einen schweren Schraubstock zu sorgen.

e) Ritzprobe.

Die für mineralogische Untersuchungen übliche Ritzprobe durch den Versuch, das zu prüfende Stück mit einer Nadel aus bestimmten Mineralien zu ritzen (Moßsche Skala), hat im Materialprüfungswesen keine Verbreitung gefunden.

Nach Martens wird die Härte gemessen als das Gewicht, das erforderlich ist, um unter Verwendung einer rechtwinkligen Diamantspitze auf der polierten Oberfläche des zu untersuchenden Stückes eine Linie von bestimmter Breite zu ziehen (8, 1890).

f) Bohrprobe.

Als Maß der Härte und Bearbeitbarkeit wird die Spanmenge angesehen, die ein in bestimmter Weise belasteter Bohrer in einer gewissen Zeit fördert. (Näheres s. Kestner 3, Heft 208.)

H. Zähigkeit.

Als Maß der Zähigkeit wird das Verhalten beim Zug-, Druck-, Biegungs-, Verdrehungs-, Schlag- und Kerbschlagversuch betrachtet. Hierzu gesellen sich verschiedene technologische Proben: Schmiede-, Loch-, Falt-, Bördel-, Polter-, Tiefungsprobe usf. Letztere wird von Erichsen (9, 1914, S. 879) zur Blechprüfung vorgeschlagen.

J. Verhalten bei der Bearbeitung.

Hinsichtlich der für die ausführende Technik sehr wichtigen Frage des Widerstandes gegen die Bearbeitung sowie der Dauerhaftigkeit der Werkzeuge sind allgemein anerkannte Versuchsarten nicht bekannt geworden. (Über die Bohrprobe s. oben unter G.) In der Tat liegen die Bedingungen des einzelnen Falles zu verschiedenartig, als daß eine versuchsweise Behandlung Ergebnisse erwarten ließe, die auf andere Aufgaben übertragen werden dürften. Gewisse Anhaltspunkte sind durch die Härte, Zähigkeit und Abnützbarkeit gegeben.

Bei Werkzeugstählen kann die Art der Funkenbildung beim Schleifen größere Bedeutung besitzen, indem sie die Unterscheidung verschieden legierter Stähle innerhalb gewisser Grenzen leicht ermöglicht. (Näheres s. Bermann 4, 1909, S. 171.) Hier sei nur auf den bedeutenden Unterschied hingewiesen, der zwischen den leuchtenden, zerspritzenden, sternförmigen Funken des (gehärteten) Kohlenstoffstahls und den dunkelroten, keulenförmigen Funken der Schnellstähle besteht.

K. Abnützung.

Je nach der Art der Stoffe kommen durchaus verschiedenartige Verhältnisse in Betracht, unter denen die Abnützung erfolgt.

Zur Prüfung der Baustoffe sind in erster Linie zwei Verfahren vorgeschlagen worden. Bauschinger führte in Deutschland das Schleifverfahren ein (7, Heft 11, Gußeisenscheibe, auf welche Schmirgelpulver gelegt wird). Gary (8, 1903, S. 103) schlug Anwendung des Sandstrahlgebläses vor. Je nach der Art des Verwendungszweckes wird das eine oder andere Verfahren den tatsächlichen Beanspruchungsverhältnissen besser gerecht werden. Daneben treten aber nicht selten Fälle auf, die eine andere Behandlung erfordern. (Es sei z. B. erinnert an die Abnützung von Rohrleitungsanstrichen durch sandhaltiges Wasser.) Hier ist nur durch besondere, dem Einzelfall angepaßte Versuchsanordnung Klarstellung möglich.

Noch schwieriger liegen die Verhältnisse bei Metallen. Bei geschmierten Lagern sind ganz andere Gesichtspunkte maßgebend, als ohne Schmierung. Nach dem Vorschlage von Derihon werden die Probekörper gegen den Rand einer Scheibe aus gehärtetem Stahl von 1 m

Umfang und 10 mm Dicke gedrückt, die mit 3200 minutlichen Umdrehungen in einem Ölbad läuft. Als Abnutzung gilt die Höhenverminderung in $^1/_{1000}$ mm nach 10 000 000 Umdrehungen bei einer Anpressung mit 48 kg/qcm. (Näheres s. Nusbaumer in 16, 1909, Sonderheft oder in 9, 1909, S. 1661; Saniter 16, 1912, Heft III, 1, Portevin III, 4 und Robin III, 6; ferner 26, 1910, I. Heft, 1911, S. 47 1912, S. 61 und 1160.)

L. Wasserdurchlässigkeit.

Die Prüfverfahren hängen in hohem Maße von der Art der zu untersuchenden Stücke ab. Bei Ziegeln pflegen Glaszylinder aufgekittet und bis zu einer bestimmten Höhe (z. B. 20 cm) mit Wasser gefüllt zu werden. Beobachtet wird die Zeit, nach welcher die untere Fläche feucht erscheint, der Zeitpunkt der ersten Tropfenbildung und die Menge des durchtretenden Wassers. Bei anderen Stoffen kann Anwendung höheren Druckes nötig werden. Die zu prüfende Fläche ist dann zwischen Flanschen zu fassen. Handelt es sich um die Prüfung von Stoffen für Bauteile, so sind diese unter ungefähr denselben Verhältnissen zu untersuchen, wie sie verwendet werden sollen, ein Gesichtspunkt, der häufig außer acht gelassen wird. Abb. 41 zeigt die in der

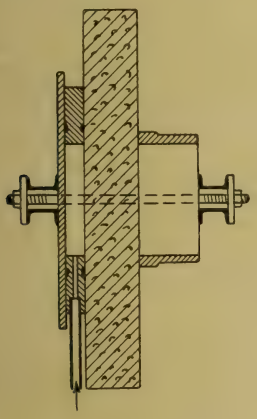


Abb. 41.
Wasserdurchlässigkeitsversuch.

Materialprüfungsanstalt Stuttgart gebräuchliche Vorrichtung zur Untersuchung von dickeren Betonplatten. Die Verschlußscheibe kann durch eine zweite Betonplatte ersetzt werden.

M. Wetterbeständigkeit.

Da die Einflüsse der Einwirkungen der Luft je nach deren Zusammensetzung in hohem Maße veränderlich sind, so lassen sich allgemein brauchbare Verfahren nicht ausbilden. Der sicherste, allerdings viel Zeit beanspruchende Weg, besteht darin, die Stücke an dem in Betracht kommenden Ort frei aufzustellen. Annäherungswerte können unter Umständen durch Herstellung übertriebener Bedingungen erreicht werden. Als Beispiel sei daran erinnert, daß Messingrohre u. dgl. im kaltgezogenen Zustand nicht selten infolge der Witterungsverhältnisse aufreißen. Durch Einwirkung von Ammoniak, Quecksilber oder Sublimat kann dieselbe Erscheinung beschleunigt hervorgerufen werden und es wird anzunehmen sein, daß Gegenstände, welche diese verschärfte Probe aushalten, auch im Betrieb nicht zu Anständen führen.

Untersuchungen auf Frostbeständigkeit werden durch wiederholtes Gefrierenlassen der wassersatten Körper und Wiederauftauen ausgeführt. Abb. 42, Tafel 9 zeigt Kunststeine (ursprünglich Würfel), die hierbei Schaden erlitten haben.

II. Festigkeits-Prüfungsmaschinen und deren Zubehör.

Allgemeines. Unmittelbare Gewichtsbelastung erscheint in der Regel nur für kleine Kräfte handlich. Bei der Prüfung ausgedehnter Bauteile kommt sie jedoch durch Sandsäcke, Backsteine, Barren usf. auch für größere Kräfte zur Anwendung. Häufiger Wechsel zwischen Belasten und Entlasten verursacht dann größeren Zeitaufwand. Stets ist dafür zu sorgen, daß nicht unbeabsichtigte Nebenwirkungen auftreten. Von solchen Fehlern sei hier nur stoßweise Belastung, Gewölbewirkung durch unrichtiges Aufschichten (vgl. Abb. 43, das Gewölbe ist durch stärkeres

Abb. 43. Deckenbelastung.

Ausziehen angedeutet), Unterstützung durch Unterlagen, die zum Aufnehmen der Last dienen sollen (vgl. Abb. 44; diese zeigt an sich die richtige Anordnung der Säcke im Gegensatz zu Abb. 43), Ein-

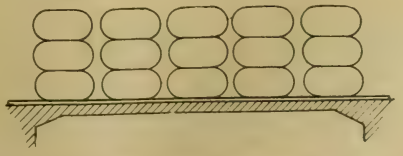


Abb. 44. Deckenbelastung.

seitigkeit der Last (bei Pfählen usf.) erwähnt.

Auf die erheblichen Gefahren, die bei der Prüfung von Decken usf. auftreten können, wenn der unterhalb der belasteten Stelle gelegene Raum — zur Beobachtung von Rißbildungen, Durchbiegungen usf. — betreten wird, sei hier nochmals hingewiesen (vgl. S. 211).

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird die Beanspruchung der Probekörper durch besondere Prüfungsmaschinen bewirkt.

Von Prüfungsmaschinen für genauere Versuche pflegt eine Genauigkeit der Kraftanzeige bis auf $\pm$ 1% verlangt zu werden, welche sich jedoch nur bei sorgfältiger Instandhaltung dauernd erreichen läßt. Diese Genauigkeit darf selbstredend bei kräftigen Maschinen nicht für sehr kleine Belastungen verlangt werden. Für industrielle Zwecke reicht eine geringere Genauigkeit nicht selten aus, doch sollten Fehler über 5% jedenfalls vermieden werden, was ohne Schwierigkeit geschehen kann. Bei Beurteilung der angegebenen Genauigkeitsgrade ist im Auge zu behalten, daß die Gleichförmigkeit der Baustoffe nur selten eine so große ist, daß Schwankungen um $\pm$ 10% ausgeschlossen wären.

1. Kraftmessung. — Hebelwagen, Kolben, Meßdosen, Federn.

a) Kraftmessung durch Hebelwagen.

Hebelwagen finden mit einfacher oder mehrfacher Übersetzung und in sehr verschiedenen Bauarten Verwendung. Allen solchen ist gemeinsam, daß die Höhe der möglichen Belastung durch die ausführbare Länge der Schneiden beschränkt erscheint. Bei der bis 100 000 kg reichenden Werdermaschine der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, mit der zuerst größere Kräfte erzeugt worden sind, erfährt die Schneide z. B. eine Belastung von rund 3000 kg auf 1 cm Länge. Viel weiter wird wohl nicht gegangen werden dürfen. Sollen Beschädigungen der Schneiden und Pfannen vermieden werden, so ist ausreichende Abrundung der Schneiden, Verwendung vorzüglichen Materials, besonders sorgfältige und gleichmäßige Härtung sowie sehr genaue Bearbeitung erforderlich.

Als Vorzüge der Hebelwagen sind zu erwähnen: Leichte Instandhaltung und Prüfung sowie, dies allerdings nur in Verbindung mit Schraubenantrieb (vgl. Ziff. 4), die Möglichkeit, jede Belastung dauernd aufrecht zu erhalten — im Gegensatz hierzu machen z. B. die unvermeidlichen Flüssigkeitsverluste bei Maschinen mit hydraulischer Kraftmessung oder hydraulischem Antrieb stetes Nachstellen erforderlich.

Die Messung der Kraft erfolgt durch feste Gewichte (Pendelwagen), durch Aufsatzgewichte (dann ist nur stufenweise Steigerung der Last möglich) oder durch Laufgewichte. Nicht selten finden Aufsatzgewichte neben Laufgewichten Verwendung.

b) Kraftmessung durch hydraulische Kolben.

Kolben für Meßzwecke zeigen die höchste Genauigkeit, wenn sie ohne Dichtung (Stulp usw.), also eingeschliffen, hergestellt werden, was jedoch nur Sonderfirmen zu gelingen pflegt, sofern es sich um größere Abmessungen handelt. Der Betrieb hat dann mit Öl zu erfolgen. Mit Rücksicht auf die Flüssigkeitsverluste wird die Höhe der möglichen Belastung dann, ähnlich wie bei den Wagen, eine beschränkte sein und 500 000 kg selten bedeutend übersteigen. Kolben mit Stulpdichtung lassen sich für weit höhere Kräfte bauen. Als Nachteil ist jedoch bei ihnen die Stulpreibung zu bezeichnen, welche die Genauigkeit der Kraftmessung beeinträchtigt. Auch bei Stulpdichtung ist Betrieb mit Öl dem verbreiteten Antrieb mit Wasser vorzuziehen, das Rosten, Ungleichförmigkeit der Reibung usf. zur Folge hat.

Die Messung der Kraft erfolgt durch Bestimmung des unter dem Kolben wirkenden Flüssigkeitsdruckes. Hierzu finden entweder die üblichen Federmanometer oder besondere Vorrichtungen Verwendung, letztere insbesondere bei eingeschliffenen Kolben (Quecksilbersäulen mit Übersetzungskolben, Pendelmanometer, Federmanometer besonderer Bauart). Sofern, wie bei den üblichen Federmanometern, mit Veränderlichkeit der Anzeige zu rechnen ist, müssen häufigere Prüfungen stattfinden. Bei Kolben mit Dichtung ist deren Reibung durch Eichung zu berücksichtigen (vgl. Ziff. 3).

c) Kraftmessung durch Meßdosen.

Die Meßdosen unterscheiden sich von den hydraulischen Kolben dem Wesen nach dadurch, daß der Spalt zwischen Kolben und Zylinder durch eine Membran überdeckt ist, so daß Flüssigkeitsverluste vermieden sind. Der Kolben (Deckel) der Meßdose soll einen geringen Weg ausführen, damit die an und für sich schon stark beanspruchte Membran geschont wird.

Messung der Kraft erfolgt durch Federmanometer, die möglichst geringen Flüssigkeitsanspruch besitzen sollen, um den Weg des Kolbens klein zu halten.

Den unverkennbaren Vorzügen der Meßdosen, von denen in erster Linie die ge-

drängte Bauart und die rasche Anzeige der wirkenden Kraft erwähnt seien, stehen schwerwiegende Mängel gegenüber, die heute noch nicht allgemein gewürdigt zu werden pflegen. Zunächst läßt sich die Größe der wirkenden Kraft nicht ohne weiteres aus den Abmessungen bestimmen, weil ein unbekannter Teil des Spaltes, von der Membran überbrückt, seine Kraft auf den Kolben absetzt. Sodann sind die Meßdosen, auch bei möglichst guter Führung des Deckels, gegen schräg gerichtete Beanspruchung empfindlich. Undichtheit führt zu Meßfehlern, die oft längere Zeit nicht beobachtet werden, auch während eines Versuches eintreten können. Bei größeren Deckelwegen, die neuerdings z. B. für Kugeldruckpressen nicht selten angewendet werden, kann die Anspannung der Membran die Kraftanzeige bedeutend beeinflussen. Schließlich ist die Veränderlichkeit der Federmanometer im Auge zu behalten. Alle diese Umstände entziehen sich der unmittelbaren Beobachtung. Meßdosen erscheinen deshalb für genaue Messung nur dort am Platz, wo sie ständig sachgemäß überwacht und erforderlichenfalls geeicht werden können.

d) Kraftmessung durch Federn.

Spiralfedern werden verhältnismäßig selten zur unmittelbaren Messung größerer Kräfte verwendet. Auch die Formänderung des Maschinengestelles dient selten als Maßstab der wirkenden Kräfte. Dagegen sind Konstruktionen im Gebrauch, bei denen die Durchbiegung von Platten (Kraftprüfer von Wazau) oder die Änderung des Rauminhaltes von Hohlzylindern (Amsler-Laffon & Sohn) zur Kraftmessung herangezogen werden.

2. Messung verdrehender Momente.

Das drehende Moment wird meist bestimmt durch Messung der Kraft, die an einem Hebelarm von bekannter Größe angreift, so daß die unter 1. beschriebenen Vorric tungen herangezogen werden können. Für kleinere Momente finden auch Pendelwagen Verwendung.

3. Prüfung der Maschinen auf Richtigkeit der Kraftanzeige.

a) Gewichtsbelastung. Durch Einhängen großer Wagschalen pflegt sich bei stehenden Maschinen eine Belastung bis etwa 5000 kg ohne besondere Schwierigkeit anbringen zu lassen. Durch Anordnung von Hebeln mit schwacher Übersetzung, die nachgemessen werden kann, läßt sich die Prüfung auf höhere Kräfte ausdehnen.

b) Kontrollstäbe, Kontrollzylinder — gebräuchlichstes Verfahren — Probekörper, deren Elastizitätsmaß bekannt ist, werden in der zu prüfenden Maschine belastet, unter Messung ihrer Formänderung.

c) Crusher. Stauchzylinder aus geglühtem Kupfer, deren bleibende Zusammendrückungen nach verschiedenen Belastungen bekannt sind, werden in der zu prüfenden Maschine belastet und die entstandene Stauchung gemessen.

d) Vergleichende Versuche. Sind Probekörper aus sehr gleichartigem Material (z. B. gezogener Messingdraht) vorhanden, so können diese zum Teil in der zu prüfenden Maschine, zum anderen Teil in einer Maschine von bekannter Genauigkeit zum Bruch gebracht werden.

Prüfung ist stets von Zeit zu Zeit erforderlich, um so häufiger, je mehr die Vorrichtung zur Kraftmessung Veränderungen unterworfen ist oder beschädigt werden kann.

4. Vorrichtungen zur Erzeugung der Formänderung.

Bei Zug- und Druck-, Biegungs- und Scherbeanspruchung findet entweder die Schraube oder der durch Druckflüssigkeit bewegte Kolben Anwendung. Erstere hat den Vorzug, daß die einmal erreichte Stellung unverändert bestehen bleibt, was z. B. bei Elastizitätsmessungen von nicht zu unterschätzendem Vorteil ist, letzterer eignet sich besser zur Erzielung größerer Kräfte und großer Zerreißgeschwindigkeiten, sofern ausreichend leistungsfähige Pumpen oder Sammler zur Verfügung stehen.

Zur Erzeugung von Verdrehungen dienen entweder Stirnradwinden, oder Trommeln, um die ein Drahtseil geschlungen ist, das durch eine Schraubenspindel auf Zug beansprucht wird.

5. Einspannteile.

a) Zug.

An den der Kraftmessung und der Erzeugung der Formänderung dienenden Teilen ist je ein Einspannkopf befestigt, der (vgl. S. 206) zur Aufnahme der Kugelbacken, Beißkeile usf. befähigt ist. Als Beispiele seien die Abb. 45 bis 48 angeführt. (Abb. 45, Tafel 10: Rundstab, befestigt in Schiebern, die in Abb. 45 zur Hälfte eingeschoben sind; Abb. 46, Tafel 11: Schieberkopf der Werdermaschine; Abb. 47, Tafel 11: Flachstab, in Beißkeilen festgehalten; Abb. 48: oberer Teil der Einspannvorrichtung der Materialprüfungsanstalt Stuttgart für Betonzugkörper nach Abb. 21, Tafel 9.)

Sollen Zugversuche bei höheren oder tieferen Temperaturen angestellt werden, so sind Flüssigkeitsbäder anzuordnen, die in die Einspannköpfe eingehängt werden und Vorrichtungen zur Befestigung der Probekörper enthalten. Für Gleichhaltung der

Temperatur während des Versuchs, auf Erzeugung gleichmäßiger Temperaturverteilung und auf Fernhaltung von Oxydation ist sorgfältig zu achten. Hierzu gehört auch, daß die Enden der Probekörper sowie die Einspannteile ausreichend geheizt bzw. abgekühlt werden. Ausführ-

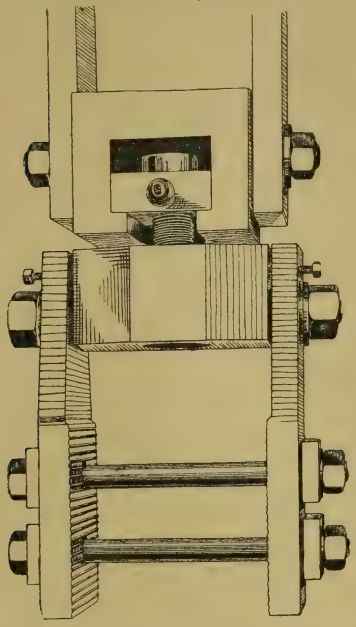


Abb. 48. Einspannteile für Betonkörper.

liche Besprechung der üblichen Vorrichtungen in 10.

b) Biegung.

Abb. 49, Tafel 11 zeigt ein Walzenlager mit seitlicher Verstellbarkeit, welche erforderlich wird, sofern die Probekörper nicht genau prismatisch bearbeitet werden können. Die Belastungsstelle pflegt unbeweglich ausgebildet zu werden. Ausreichende Abrundung an den Druckstellen ist erforderlich, um die Eindrückungen zu vermindern. Soll Biegung ohne Querkraft zur Anwendung gelangen, so ist die Lastanordnung nach Abb. 50 oder 51 zu treffen.

Abb. 50. Biegungsbelastung (Mittelstück schubfrei).

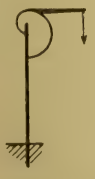


Abb. 51. Biegungsbelastung (schubfrei).

Für die technologischen Biegeproben pflegen unbewegliche Auflager, die gegen die bedeutenden Seitenkräfte abzustützen sind, Verwendung zu finden.

d) Scherbeanspruchung.

Das Wesen der Einspannteile geht aus Abb. 37 bis 39 hervor.

6. Schaubildzeichner (vgl. S. 209).

Bei Laufgewichtswagen wird die Verschiebung des Laufgewichtes durch Schnur oder Spindelantrieb auf eine Trommel übertragen, über der sich ein Stift bewegt, dessen Verschiebung der erzeugten Formänderung proportional ist. Meist wird die gegenseitige Bewegung der Einspannköpfe und nicht, was an sich richtiger wäre, aber weniger einfach zu erreichen ist, die Dehnung oder Zusammendrückung der Meßlänge (Durchbiegung, Verdrehung usf.) aufgezeichnet. Als Fehlerquellen erscheinen dann 1. die Dehnung der zur Übertragung verwendeten Schnur, Kette, des Drahtes, Drahtseiles usf., 2. die Formänderung des Gestelles und der Einspannteile, 3. die Formänderung der außerhalb der Meßlänge liegenden Stabteile.

Da die Fehler nicht unbedeutend auszufallen pflegen, so sind die Schaubilder weniger zum Nachmessen geeignet und ihr Wert besteht vorwiegend in der Veranschaulichung des Verhaltens des Materials während der Prüfung.

Bei Kraftmessung durch Quecksilbersäule wird meist die Kraftordinate durch einen Schwimmer erzeugt. Richtigeres und zuverlässigeres (aber nicht selbsttätiges) Arbeiten wird erreicht, wenn außerhalb der Quecksilbersäule von Hand ein Schieber bewegt wird, der der Säule folgt.

Bei den Pendelmanometern wird der Ausschlag des Pendels aufgezeichnet. An Maschinen, welche mit Wasserdruck arbeiten, können indikatorähnliche Vorrichtungen benützt werden.

Im allgemeinen wird zu verlangen sein, daß in den Schaubildern die Kraft- und Formänderungskoordinaten geradlinig sind, senkrecht zueinander stehen und der Kraft bzw. Formänderung proportional sind. Nicht selten lassen sich allerdings einfachere Konstruktionen ausführen, wenn z. B. die Kraftordinate Kreisbogenform erhält.

7. Auswahl der Prüfungsmaschinen.

Statt der Anführung einzelner Bilder, welche den Preislisten entnommen werden können, sei folgendes bemerkt (vgl. 28, ferner die Arbeiten in 4, 1909, S. 1443 ff., 1949 ff.).

Sind viele gleichartige Versuche auszuführen, so empfiehlt sich die Beschaffung von Sondermaschinen, z. B. solchen, die ausschließlich für Zug- oder für Druckversuche geeignet sind. Andernfalls kommen Universalmaschinen in Betracht,

welche nach Umbauen einzelner Teile oder infolge der besonderen Anordnung die Vornahme verschiedenartiger Versuche ermöglichen.

Die erforderliche Kraftleistung richtet sich nach der Art der zu prüfenden Gegenstände. Sollen z. B. Gußeisenstäbe bis 20 mm Durchmesser zerrissen werden, so ist eine Kraft von etwa 3,14 . 3200 = rund 10000 kg erforderlich. Damit können dann auch zerrissen werden: Rundstäbe bis 16 mm Durchmesser bei 5000 kg/qcm Zugfestigkeit, Rundstäbe bis 11 mm Durchmesser bei 10000 kg/qcm Zugfestigkeit.

Biegungsmaschinen z. B. zur Prüfung von Gußeisen usf. werden nicht selten für Kräfte bis 2000 kg gebaut usf.

In Beziehung auf die Wahl der Kraftmessung gibt das auf S. 218 Gesagte Auskunft.

Hinsichtlich des Antriebes durch Schrauben oder Kolben (Wasser- oder Ölbetrieb) ist auf S. 218 zu verweisen.

Die Abmessungen des Gestelles werden meist ziemlich klein gehalten. Oft ist es aber, z. B. bei Kugeldruckpressen, vorteilhaft, wenn auch etwas sperrige Stücke geprüft werden können. Bei Zerreißmaschinen sollte der Hub nicht zu kurz gewählt werden, damit auch zähe Stoffe geprüft und ausreichend lange Kontrollstäbe, ferner Öfen für Warmversuche eingebaut werden können.

Literatur S. 244.

II. Flußeisen, Flußstahl.

Allgemeines, Unterscheidung von Eisen und Stahl. Liefervorschriften. Eine durch irgendein wesentliches Merkmal gekennzeichnete Grenze zwischen Flußeisen und Flußstahl besteht nicht. Der zur Abgrenzung nicht selten gewählte Kohlenstoffgehalt steigt allmählich von fast 0% bis über 1,6%, gleichzeitig nimmt die Zugfestigkeit (im ausgeglühten Zustand) von etwa 2500 kg/qcm bis auf etwa 9000 kg/qcm zu, erreicht bei ungefähr 0,8% Kohlenstoffgehalt einen Größtwert und nimmt dann langsam ab; auch die Härtbarkeit bildet kein Kennzeichen des Stahles, da auch Flußeisen härtbar ist und zwar viel bedeutender als vielfach angenommen wird (vgl. S. 239).

Da im Handel das Bedürfnis einer Abgrenzung zwischen Eisen und Stahl besteht, ist daher eine willkürliche Grenze einzuführen: Nach den Vereinbarungen des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik wird Flußmaterial mit einer Zugfestigkeit über 5000 kg/qcm als Stahl bezeichnet. Diese Angabe bezieht sich, wie im Hinblick auf die S. 239 erwähnten Versuchsergebnisse hervorzuheben ist, auf den ausgeglühten Zustand. Die angegebene Festigkeit kann auch mit Flußeisen erlangt werden, wenn es kaltgezogen oder gehärtet wird.

Im Handel pflegt das Flußeisen in „Härte"-Klassen eingeteilt zu werden. Vorrätig sind nicht selten nur die „Härten" Nr. I, III und V. Diese „Härte"-Zahlen haben mit der Härte nichts zu tun, sie sollen auch nicht zum Ausdruck bringen, daß das „härtere" Material weniger zäh ist, sondern sie gründen sich auf die Zugfestigkeit im ausgeglühten Zustand. Es pflegt zu besitzen Flußeisen der „Härte" I: K_z = 3400 bis 4200, im Durchschnitt 3800 kg/qcm, der „Härte" III: K_z = 4500 bis 5500, im Durchschnitt 5000 kg/qcm, der „Härte" V: K_z = 6000 bis 7500, im Durchschnitt 6500 kg/qcm.

Flußeisen der „Härte" III bis V ist also nach der obigen Begriffsbestimmung als Flußstahl zu bezeichnen.

Im Handel wird ferner das Flußmaterial nach der Herstellungsart unterschieden: Bessemer-, Thomas-, Siemens-Martin-Material, Tiegelstahl, Elektrostahl, Spezialstahl. Dabei hat sich die Bezeichnung „Stahl" auch für das Flußeisen eingebürgert, es wird also z. B. von Siemens-Martin-Stahl gesprochen, wenn es sich um Flußeisen handelt, was ohne Zweifel daher rührt, daß im Ausland die Bezeichnung „acier" bzw. „steel" gebräuchlich ist, und die Worte „fer" bzw. „iron" für das Schweiß- und Gußeisen Verwendung finden. Flußeisen heißt „acier doux" bzw. „mild steel". In Deutschland, wo zwischen Flußeisen und Flußstahl ohne weiteres unterschieden werden kann, sollte diese irreführende Nachahmung im Laufe der Zeit aufhören.

Nicht selten wird ferner höherwertiges Flußeisen als Stahl bezeichnet (z. B. „Maschinenstahl" usf.). Ebenso ist die Bezeichnung Nickelstahl z. B. auch dann üblich, wenn es sich um Material geringerer Festigkeit handelt.

Anforderungen. Die Anforderungen und Lieferbedingungen richten sich in erster Linie nach dem Gebrauchszweck. Größere Verwaltungen und Geschäfte stellen deshalb eigene Lastenhefte auf, in denen für verschiedene Konstruktionsteile bestimmte Eigenschaften vorgeschrieben sind. Hier seien Auszüge aus 3 bestehenden Vorschriften angeführt. Neuerdings sind Bestrebungen im Gang, diese Anforderungen zu normalisieren. (Im folgenden bedeutet K_z die Zugfestigkeit in kg/qcm — bei Angabe in kg/qmm sind die Werte

100 mal kleiner —, φ die Bruchdehnung in in % — näheres s. S. 202).

Auszug aus den Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute (1911).

1. Bauwerkeisen. Zerreiß- und Dehnungsproben.
   a) Material von 7—28 mm Dicke.
   längs K_z = 3700—4400 kg/qcm, $\varphi \geq 20\%$,
   quer K_z = 3600—4500 kg/qcm, $\varphi \geq 17\%$
   b) Material von 5 bis unter 7 mm Dicke „mit Ausnahme von Rundeisen, Vier-, Sechs- und Achtkanteisen, bei denen Zerreiß- und Dehnungsproben unzulässig sind"
   längs K_z = 3700—4600 kg/qcm $\varphi \geq 18\%$
   quer K_z = 3600—4700 kg/qcm $\varphi \geq 15\%$
   c) Material unter 5 mm Dicke: „Zerreiß- und Dehnungsproben sind unzulässig".

Biegeproben mit Stäben, deren scharfe Kanten mit der Feile abzurunden sind, dürfen nur mit Stücken bis zu 28 mm Dicke vorgenommen werden. Dickere Stücke sind entsprechend auszuschmieden oder auszuwalzen. Längs- und Querproben sind so zusammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biegestelle gleich ist: bei Längsstreifen der einfachen, bei Querstreifen der doppelten Dicke des Versuchsstückes. Hierbei dürfen an Längsstreifen keine Risse entstehen, bei Querstreifen sind unwesentliche Oberflächenrisse zulässig. Die gleiche Probe muß das Material aushalten, wenn die Streifen kirschrot warm gemacht und in Wasser von etwa 28° C abgeschreckt sind. (Hartbiegeprobe).

2. Bleche.

Blechdicke	5—7,9 mm			8—28 mm			über 28 mm		
Eigenschaft	K_z kg/qcm	φ %	$\frac{K_z}{100} + \varphi$	K_z kg/qcm	φ %	$\frac{K_z}{100} + \varphi$	K_z kg/qcm	φ %	$\frac{K_z}{100} + \varphi$
Konstruktionsbleche	3600 bis 4300	18	57	3500 bis 4200	20	58	3400 bis 4100	22	59
Kessel-Feuerbleche	3400 bis 4100	25	62	. . . . für alle Blechdicken gleich					

Biegeproben. Streifen in Längs- und Querrichtung werden gleichmäßig erwärmt und bei dunkelkirschroter Färbung in Wasser von 28° C abgekühlt, dann um einen Dorn gebogen, der bei Konstruktionsblechen der zweifachen Dicke des Bleches entspricht, wenigstens aber 25 mm dick sein muß. Probestreifen von Kesselblechen werden ohne Dorn flach zusammengebogen. Der Biegungswinkel ist für alle Bleche gleich 180°. Der Streifen gilt als gebrochen, wenn sich auf der erhabenen Seite in der Mitte der Biegungsstelle ein deutlicher Bruch im metallischen Eisen zeigt.

Schmiede- und Lochproben. Blechstreifen von ungefähr 50—60 mm Breite müssen in rotwarm m Zustande mit der Hammerfinne mindestens auf das 1½-fache ihrer Breite ausgebreitet werden können, ohne an den Kanten und auf der Fläche Risse zu erhalten.

Blechstreifen, die in rotwarmem Zustande in einer Entfernung vom Rande gleich der halben Dicke des Streifens mit dem Lochstempel gelocht werden, dürfen dabei vom Loch nach der Kante nicht aufreißen.

3. Nieteisen.

a) Material von 7 mm Durchmesser und mehr
K_z = 3600—4200 kg/qcm, $\varphi \geq 22\%$.

Material unter 7 mm darf nicht geprüft werden, Material über 28 mm Stärke ist auszuschmieden.

Biegeproben dürfen nur bei Stücken bis zu 28 mm Durchmesser vorgenommen werden. Dickere Stücke sind auszuschmieden. Der Durchmesser der beim Biegen entstehenden Schleife (s. o. unter 1) an der Biegestelle soll gleich der halben Dicke des Versuchsstückes sein. Hierbei dürfen keine Risse entstehen. Die gleiche Probe muß das Material bei der Hartbiegeprobe (s. o. unter 1) aushalten.

Stauchproben. Proben, deren Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, sollen sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein

Drittel ihrer Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

4. Schraubeneisen.

a) Material von 7 mm Durchmesser und mehr

$K_z = 3800—4500$ kg/qcm, $\varphi \geq 20\%$.

b) Bei Material unter 7 mm Durchmesser sind Zerreiß- und Dehnungsproben nicht gestattet; Material über 28 mm Stärke ist auszuschmieden.

Biegeproben. Der Durchmesser der Schleife (vgl. Ziff. 3) soll gleich der Dicke des Versuchsstückes sein. Hierbei dürfen keine Risse entstehen.

5. Eisenbahnmaterial.

Schienen. $K_z \geq 6000$ kg/qcm. Die Eindrucktiefe einer Kugel von 19 mm Durchmesser bei einem Druck von 50000 kg soll 3,5 bis 5,5 mm betragen. Schlagproben: Stützweite 1 m. „Es soll mit gleichen Arbeitsleistungen von 1500 mkg geschlagen werden. Der letzte Schlag kann der zu erreichenden Durchbiegung angepaßt werden. Die Durchbiegung soll mindestens 100 mm betragen. Für Zungenschienen soll die Durchbiegung 130 mm betragen."

Straßenbahnschienen. Für Rillenschienen: $K_z = 7000—8000$ kg/qcm, $\varphi \geq 10\%$.

Schwellen. Flußstahl: $K_z = 5000$ bis 6000 kg/qcm, Flußeisen: $K_z = 3800$ bis 5000 kg/qcm, Radlenker: $K_z = 6000$ kg/qcm, $\varphi \geq 12\%$, Weichenplatten: $K_z = 3800—5000$ kg/qcm, $\varphi \geq 15\%$. Achsen: $K_z = 5000$ kg/qcm.

Schlagproben: Auflagerentfernung 1,5 m. Schlagstärke 3000 mkg bis zur Durchbiegung von 200 mm für Achsen vom Durchmesser 130 mm. Bei Achsen mit anderen Durchmessern soll die Durchbiegung umgekehrt proportional diesen Durchmessern bemessen werden.

Geschmiedeter Stahl. $K_z = 4500$ bis 6000 kg/qcm, $\varphi \geq 16\%$.

Auszug aus den Materialvorschriften der deutschen Kriegsmarine (1915):

Schmiedestücke aus Martin-Flußeisen: I. $K_z = 4000—4700$ kg/qcm, $\varphi \geq 22\%$, Streckgrenze ≥ 2200 kg/qcm, II. $K_z = 4500—5200$ kg/qcm, $\varphi \geq 20\%$, Streckgrenze ≥ 2500 kg/qcm (ebenso bei Tiegelstahl Streckgrenze $\geq$ 2500kg/qcm).

In beiden Fällen ist höhere Festigkeit gestattet, wenn für jede angefangenen 100 kg/qcm Mehrfestigkeit 1% Mehrdehnung vorhanden ist.

Kaltbiegeprobe: Biegegröße (s. S. 212) $B_g \geq 33$.

Schmiedestücke aus Martin-Sonderstahl $K_z = 5200—6000$ kg/qcm, $\varphi \geq 18\%$, Streckgrenze ≥ 3000 kg/qcm.

Kaltbiegeprobe: Biegegröße $B_g \geq 25$.

Profil- und Winkelstangen aus Martinflußeisen und Flußstahl.

Bezeichnung	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung		
			Dicke		
	kg/qcm	kg/qcm	< 8 mm %	8—12 mm %	> 12 mm %
Schiffbaustahl I	—	3400—4100	21	23	25
„ II Kesselbaumaterial	—	4100—4900	20	20	22
Schiffbaustahl III	3400	≥ 5500	16	16	16
Kaltbiegeprobe: für I und II Bg ≦ 33, für III Bg ≧ 25.					
Nietstangen	—	3600—4200	22	22	22
Kaltbiegeprobe: Bg = 100.					

Stauchprobe: rotwarm bis ⅓ h für wichtige Nieten, (h = 2 d), kalt bis ½ h für untergeordnete Nieten (h = 2 d).

Bezeichnung	Zugfestigkeit kg/qcm	Bruchdehnung %	Gütezahl
Kessel-Mantelbleche	4200—5100	20	$\frac{K_z}{100} + \varphi = 64$
Feuerbleche	3400—4100	20	$\frac{K_z}{100} + \varphi = 62$

Vgl. auch S. 202, Fußnote 2.

Auszug aus den deutschen Materialvorschriften für Land- und Schiffsdampfkessel. (Näheres s. in dem Buche 18.)

Flußeisen darf keine geringere Zugfestigkeit haben als 3400 kg/qcm und in der Regel keine höhere Zugfestigkeit als für Landdampfkessel 5100 kg/qcm bzw. für Schiffsdampfkessel 5400 kg/qcm. Der Unterschied zwischen Mindest- und Höchstfestigkeit darf bei einem einzelnen Blech sowie bei Blechen gleicher Qualität innerhalb einer Lieferung bei Blechlängen bis 5 m höchstens 600 kg/qcm, über 5—10 m höchstens 700 kg/qcm, über 10 m höchstens 800 kg/qcm betragen.

Bei der Hartbiegeprobe (s. S. 222 unter 1 am Schluß) muß sich der Probestreifen bei Blechen mit einer Festigkeit bis zu 4100 kg/qcm einschließlich in Längs- und

Kesselbleche.

Landdampfkessel						
Zugfestigkeit kg/qcm .	5100—4600	4500	4400	4300	4200	4100—3700
Bruchdehnung % . .	20	21	22	23	24	25
Zugfestigkeit kg/qcm .	3600	3500	3400	—	—	—
Bruchdehnung % . .	26	27	28	—	—	—
Schiffsdampfkessel						
Zugfestigkeit kg/qcm .	über 4600	4500	4400	4300	4200	4100—3700
Bruchdehnung % . .	20	21	22	23	24	25
Zugfestigkeit kg/qcm .	3600	3500	3400	—	—	—
Bruchdehnung % . .	26	27	28	—	—	—

Querfaser flach, von 4100—4700 kg/qcm um einen Dorn mit einem Durchmesser von der zweifachen Blechdicke, über 4700 bis 5100 kg/qcm um einen solchen von der dreifachen Blechdicke, über 5100 kg/qcm um einen solchen von der vierfachen Blechdicke bis 180° zusammenbiegen lassen, ohne in der Mitte der Biegestelle deutliche Risse im Metall zu zeigen.

Nieteisen, Zug. Zugfestigkeit 3400 bis 4100 kg/qcm, $\varphi \geqq 25\%$, Gütezahl $\frac{K_z}{100} + \varphi \geqq 62$.

Kaltbiegeprobe. Abstand der parallel gebogenen Schenkel $\leqq {}^1/_5$ des Nietdurchmessers. Stauchprobe im warmen Zustand von h = d auf h = d/3 bis d/4 ohne aufzureißen. Hartbiegeprobe: Dorndurchmesser = 2 d, Biegewinkel 180°.

Flußeisen (franz. acier, acier doux; engl. steel, mild steel); Flußstahl: (franz. acier, acier dur; engl., steel, hard steel).

Chemische Natur. Chemisch nicht einheitlich. Neben Eisen enthält der Stoff bis 1,6% Kohlenstoff (im ausgeglühten Eisen in der Form des Eisenkarbids Fe_3C; seltener kleine Mengen Grafit oder Temperkohle), der die Festigkeitseigenschaften grundlegend beeinflußt, ferner bis etwa 1% Mangan, bis etwa 0,5% Silizium, sodann als unerwünschte Verunreinigungen Schwefel und Phosphor, Oxyde und Schlacken, nicht selten geringe Mengen Kupfer, Arsen u. a. m. Nickel, Chrom, Vanadium treten in Spuren auf, falls sie nicht absichtlich (ebenso wie z. B. Mangan, Wolfram, Molybdän, Kobalt) in größeren Mengen beigefügt werden (Sonderstähle).

Über den physikalischen Aufbau s. u.

Formarten:

Polymorph. α-Form kubisch, stabil unterhalb etwa 700° C, γ-Form regulär-oktaedrisch, stabil oberhalb etwa 900° C.

Kristallformen. Abb. 1, Tafel 1: Eisenkristall aus dem Hohlraum eines Flußeisenblockes (nach der Zeitschrift 19). Abb. 2, Tafel 1 (Stereoskopbild[1])); Kristallbruchflächen. Abb. 3, Tafel 1: geätzte Querschnittsfläche mit verhältnismäßig großen Kristallkörnern (aus dem Buche 2). Abb. 4, Tafel 2: polierte Fläche nach Wirken der örtlichen Beanspruchung durch eine Körnerspitze (aus 2), wodurch die Kristallstruktur zum Vorschein kommt. Weiteres s. u. Formänderung. (Vgl. auch die Abhandlung von Osmond und Cartaud in 14, 1901, S. 282.) Abb. 5, Tafel 2: Ätzfiguren aus weichem Flußeisen in 150facher Vergrößerung (aus 2; vgl. auch Heyn in 8, 1898, S. 310). Durch Kaltbearbeitung werden die Kristallkörner zuerst gestreckt, später zertrümmert, so daß sich der Stoff dem amorphen Zustand nähert. Abb. 6, Tafel 2: Längsschnitt durch stark kaltgezogenes Flußeisen (Vergrößerung 150 fach).

Schon die Betrachtung der Oberflächen oder Bruchflächen der Stücke gewährt manchmal Einblick in ihre Beschaffenheit. Abb. 7, Tafel 2 zeigt z. B. die Oberfläche eines verbrannten Kesselbleches, Abb. 8, Tafel 2 (nach 3, Heft 135, 136) die Oberfläche eines solchen, das durch Kesselhammerhiebe geschädigt ist (vgl. C. Bach 4, 1911, S. 1296, 1871). Unganze Stellen (Lunker, s. u.) enthält die Bruchfläche Abb. 9, Tafel 3 (Stereoskopbild), grobes Korn Abb. 10, Tafel 3 (gleiches Stück wie Abb. 3). Weitergehender Einblick wird durch die metallographische Untersuchung von Querschnittsflächen erlangt, die in der Regel geätzt werden (s. u.).

Vorbereitung der Stücke zur metallographischen Untersuchung.

[1]) Stereoskopbilder können mit einem gewöhnlichen Opernglas betrachtet werden, nachdem dessen Augengläser herausgeschraubt worden sind. Näheres s. in des Verfassers Beitrag zur Verbreitung des Stereoskopbildes in Prometheus, 1918, S. 425.

Abgesehen von der Betrachtung der Bruchflächen (bei welcher die Verwendung binokularer Mikroskope wegen des damit erlangten räumlichen Bildes und der infolge des großen Abstandes der Objektive vom betrachteten Stück möglichen guten Beleuchtung von Vorteil ist), erstreckt sich die metallographische Untersuchung fast ausschließlich auf Schliffflächen.

Bei der Entnahme der zu untersuchenden Stücke ist zunächst darauf zu achten, daß Quetschung und Erwärmung vermieden wird, weil sie das Gefüge beeinflussen würden. In der Regel werden die Proben durch Sägen entnommen und auf den zu bearbeitenden Flächen zunächst überhobelt. Anwendung scharfer, spitz geschliffener Stähle ist trotz der geringeren Glättung vorzuziehen. Nicht selten treten bei sorgfältiger Betrachtung schon hierbei Ungleichförmigkeiten in der Zusammensetzung, Schlackenadern, Schweißfugen, feine Risse usf. deutlich hervor. Als Beispiele seien angeführt Abb. 11, Tafel 4, auf der die Nietlochrisse zum Vorschein gekommen sind und Abb. 12, Tafel 4 (gleiche Stange wie Abb. 9). Ähnliche Bilder werden durch Überfeilen mit einer scharfen Schruppfeile erlangt. Dieses einfache Verfahren ermöglicht z. B. in der Regel das Auffinden von Schweißstellen und dergl.

An das Hobeln schließt sich zweckmäßigerweise Überfeilen an, wobei jedoch nicht auf möglichst große Glätte, sondern auf zuverlässige Entfernung des beim Hobeln gequetschten Materials zu achten ist (starkes Aufdrücken vermeiden).

Bei Stücken aus Flußeisen, die auf das Vorhandensein stärkerer Seigerung zu untersuchen sind, kann schon nach dem Überfeilen ein Schwefeldruck genommen werden.

Hierzu wird ein Stück Bromsilberpapier, wie es in der Photographie Verwendung findet (nicht Gaslichtpapier) in etwa 5%iger Schwefelsäurelösung eingeweicht und nach oberflächlichem Abtrocknen (auf Fließpapier) mit dem Handballen auf die Eisenfläche gedrückt. (Das geschmeidige Papier schmiegt sich Unebenheiten der Stücke an; stärkere Erwärmung ist zu vermeiden.) Nach etwa 1 Minute wird das Papier abgezogen. Es erweist sich an den stark, insbesondere durch Schwefel, verunreinigten Stellen tief dunkelbraun gefärbt (vgl. Abb. 13, Tafel 4, gleiche Stange, wie Abb. 9, 12). Sollen die Bilder aufbewahrt werden, so sind sie im Fixierbad zu fixieren, sodann zu waschen und zu trocknen. Die ganze Behandlung kann in vollem Tageslicht geschehen. Bemerkt sei noch, daß ein Stück mit stärkerer Verunreinigung 2—3 gute Abzüge liefert; diese sind natürlich um so schärfer, je feiner die Oberfläche bearbeitet war; polierte Schliffe geben Bilder, die Vergrößerung vertragen.

Dieses einfache Verfahren hat den großen Vorteil, daß es ohne Anwendung von Apparaten und besonderen Chemikalien scharfe Bilder liefert, die aufbewahrt werden können.[1])

Wird besonders Wert darauf gelegt, daß nur schwefelhaltige Verunreinigungen zum Abdruck gelangen, so ist wie folgt zu verfahren. Ein Stück weiße Seide wird mit Quecksilbersublimatlösung getränkt, auf die zu untersuchende Fläche gelegt und sodann mit Salzsäure betupft. Die schwefelhaltigen Stellen erfahren dunkelbraune Färbung. Hieran schließt sich Auswaschen und Trocknen.[2])

Statt der Herstellung solcher Abdrücke können die Schliffe auch geätzt werden, wozu jedoch mit Rücksicht auf die geringe bei der beschriebenen Bearbeitung vorhandene Glätte kräftig wirkende Ätzmittel verwendet werden müssen. Vielfach wird hierfür Kupferammonchloridlösung oder Kupferchloridlösung empfohlen und angewendet. Diese liefern jedoch Kupferniederschläge, die nicht selten festhaften und bei Ungeübten Täuschungen wachrufen können. Dies ist bei Anwendung von Salz- und Salpetersäure nicht zu befürchten, welche durchaus befriedigende Bilder ergeben (vgl. z. B. Abb. 78 Tafel 16).

Die Betrachtung der so behandelten Stücke unter dem Mikroskop ergibt wegen der auftretenden Riefen keine weiteren Aufschlüsse. Für weitergehende Untersuchungen hat daher Schleifen und Polieren zu erfolgen.

Das Schleifen geschieht am einfachsten auf Schmirgelpapier verschiedener Körnung (z. B. Nr. 6, 4, 2, 1 F., 000), sei es von Hand, sei es auf umlaufenden Scheiben (etwa 900 Umdr./Min.), von denen jedenfalls die letzte aus Metall bestehen sollte. Da die Arbeit des Fertigschleifens rasch zunimmt, wenn die Stücke größer werden, ist in der Probengröße Beschränkung zu üben, namentlich wenn von Hand geschliffen wird.

Ganz allgemein ist zu beachten, daß Fehler, die beim Schleifen auf einer bestimmten Scheibe gemacht werden, auf der folgenden, feineren Scheibe viel mühsamer zu entfernen sind als auf der gröberen Scheibe. Es ist also sorgfältig darauf zu achten, daß Schrammen usf. jeweils auf

[1]) R. Baumann, Metallurgie 1906, S. 416.
[2]) E. Heyn, 9, 1906, Heft 1.

der gröberen Scheibe entfernt werden. Beim Schleifen ist stärkerer und einseitiger Druck zu vermeiden. Manches rätselhafte Gefügebild ist beim Schleifen entstanden, sei es infolge Erwärmung, sei es infolge Quetschung. Das Schleifen erfolgt trocken, auf der letzten Scheibe unter Aufgabe von Terpentin (oder Petroleum).

Hieran schließt sich Abwaschen in Benzin, und sodann das Polieren auf einer mit Tuch bespannten Scheibe. Als Poliermittel dient für härtere Metalle Tonerde (oder Polierrot), für weiche Metalle Putzpomade und Nachpolieren mit Wienerkalk (je auf besonderen Scheiben).

Das anschließende Abspülen muß gründlich besorgt werden, unter Abwischen des Schliffes mit der gereinigten Fingerspitze. Sodann erfolgt rasches Abtupfen des Stückes mit weichem, gut saugendem Tuch und Aufbewahren im Exsikkator.

Vorbedingung für gute, rasch fördernde Arbeit ist Sauberkeit und Fernhalten von Staub. Das Polieren sollte deshalb womöglich in einem anderen Raum erfolgen wie das Schleifen.

Gut polierte Stücke müssen eben und frei von Schrammen sein. Wird zu lange poliert, etwa um solche Schrammen zu entfernen, so erscheint die Oberfläche oft aufgerauht, die härteren Bestandteile treten hervor, die weicheren werden gequetscht und nach dem Ätzen entstehen unklare Bilder.

In Ausnahmefällen kann das Hervortreten der härteren Bestandteile absichtlich hervorgebracht werden (Reliefpolieren) worauf jedoch hier nicht eingegangen werden soll.

Die polierten Flächen lassen nur unganze Stellen, Risse, Schlackenteile usf. scharf hervortreten (vgl. Abb. 14, Tafel 4, gleiche Stange, wie Abb. 9, 12, 13). Zur weiteren Sichtbarmachung des Gefüges ist daher das Ätzen erforderlich.

Die Zahl der vorgeschlagenen Ätzmittel ist außerordentlich groß, hier sollen nur einige angeführt werden. Alkoholische Lösungen werden von den Schliffen gleichförmiger angenommen als wäßerige.

Eisen, Stahl.

Pikrinsäure, 5% in Alkohol. Für kräftigere Ätzung Zufügung von einigen Tropfen Salzsäurelösung (1 bis 5% in Alkohol) und gegebenenfalls einigen Tropfen Salpetersäure. Letztere bringt auch Seigerungen deutlich zum Ausdruck. Bei sehr zähen Stählen (z. B. unmagnetischen Nickelstählen), ferner bei stark kaltbearbeiteten Stücken kann wiederholtes Ätzen und Polieren von Vorteil werden.

Kupferammonchlorid (nach Heyn) wird ebenfalls häufig angewendet (1 Teil Salz in 12 Teilen Wasser), liefert jedoch Kupferniederschläge, die bei manchen Eisen- und Stahlarten festhaften. Seigerungen treten besonders ausgeprägt hervor. (Solche sind übrigens auch nach Liegen an freier Luft durch stärkere Rostbildung oft sehr deutlich zu sehen). Phosphorhaltige Adern und Schichten erscheinen bronzefarben. Bei längerer Einwirkung stellen sich tiefe Ätzfiguren ein. Ähnlich wirkt Kupferchloridlösung, mit welcher z. B. Abb. 5 erlangt wurde (Zufügung von etwas Alkohol begünstigt gleichförmige Einwirkung). Auch Jodtinktur ist vorgeschlagen worden.

Anlassen (nach leichtem Ätzen) liefert farbenprächtige Bilder, die manchmal Unterschiede in der Zusammensetzung deutlicher hervortreten lassen als das Ätzen. Auch die Ränder von Zinküberzügen treten scharf hervor.

Kupfer, Messing, Bronze.

Eisenchloridlösung (1 bis 5%) oder Kupferammonoxydlösung, letztere mit Zusatz von soviel Weinsäure, daß die Ätzgeschwindigkeit keine zu große wird, oder Kupferammonchloridlösung. Es kann vorteilhaft sein, das Ätzmittel in starker Verdünnung auf ein Poliertuch aufzubringen, Poliermittel zuzufügen und den Schliff von Hand leicht darüberzuziehen, auf diese Weise gleichzeitig zu ätzen und zu polieren. (Ätzpolieren.)

Die Ätzmittel werden mittels Pinsel reichlich aufgebracht und verstrichen; am besten ist es, wenn die Stücke in der Ätzflüssigkeit untertauchen. Nach dem Ätzen ist kräftig abzuspülen und mit der Fingerspitze nachzureiben. Wird dies gründlich besorgt, so kann das vielfach empfohlene Ausziehen der Reste des Ätzmittels durch Alkohol und Äther entbehrt werden. Sodann ist rasch durch Abtupfen zu trocknen. Enthalten die Schliffe tiefe Spalten, Risse usf. so ist besonders gründlich zu spülen. Einreiben mit Vaseline kann in solchen Fällen vorteilhaft sein. Es bildet auch einen zweckmäßigen Schutz der Schliffe gegen Rosten.

Nach dem Ätzen treten die Unterschiede in der Zusammensetzung an den verschiedenen Stellen desselben Stückes hervor. Abb. 15, Tafel 4, zeigt einen geätzten Schliff von demselben Stück, wie Abb. 9, 12, 13, 14. Die dunkle, stärker verunreinigte Kernzone tritt deutlich hervor. Solche Seigerzonen sind im Flußeisen stets mehr oder weniger ausgeprägt vorhanden, sie bilden sein Kennzeichen gegenüber dem Schweißeisen.

In den Seigerzonen sind Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor angereichert. Falls Schwefel in größerer Menge vorhanden ist, leistet der oben beschriebene Schwefeldruck gute Dienste. Sogar einfaches Überfeilen mit einer scharfen Feile oder Überhobeln mit spitzem Stahl läßt starke Seigerung erkennen (Abb. 12). Stärker verunreinigte Schichten zeigen etwas helleren Glanz.

Die Seigerzone entsteht bei der Erstarrung des gegossenen Flußeisenblockes in der Mitte und am oberen Ende und ist meist von einem Blasenkranz umgeben. Die zuerst erstarrten Ränder sowie der Fuß des Blockes enthalten weniger Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor als die Mitte und das Kopfende. Am letzteren entstehen überdies infolge der mit der Erkaltung verbundenen Zusammenziehung Hohlräume (Lunker), die mit nichtmetallischen Stoffen (Schlacken) und z. T. mit Gasen gefüllt sind. Deshalb ist von den Blöcken ein ausreichend langes Stück am Kopfende abzuschneiden, um Fehlstellen (vgl. Abb. 9, 12) zu entfernen; durch besondere Verfahren wird der Seigerung und Lunkerbildung entgegengewirkt. (Warmhalten der Köpfe, Blockpreßverfahren.) Die Seigerzonen, unganze Stellen, Blasen, Schlackenteile werden beim Walzen, Pressen, Schmieden usf. gestreckt und dabei zu einem Teil verschweißt. Die Seigerschichten lassen infolge der beim Ätzen entstehenden dunkleren Färbung die Formänderungen, die bei der Verarbeitung entstehen, oft deutlich erkennen. Als Beispiel sind in Abb. 16, Tafel 4 17, Tafel 5 zwei Nietköpfe wiedergegeben, von denen der eine von Hand, der andere mit der Maschine erzeugt ist. Ebenso sind in der Regel Kanten, die mit der Schere geschnitten wurden, deutlich zu erkennen, vgl. Abb. 18 Tafel 5. Auch gequetschte Stellen treten nicht selten durch dunklere Färbung hervor, weil dort stärkerer Angriff durch die Säuren stattfindet.

Stellen, an denen in beabsichtigter oder unbeabsichtigter Weise Kohlung (s. bei Einsetzen) stattgefunden hat, erscheinen dunkler, ebenso nicht selten Schweißstellen. Als Beispiel ist Abb. 19 angeführt, weitere Abb. s. Taf. 15, 16. Abb. 20 Taf. 5 zeigt den Querschnitt durch einen mit dem Brenner geschnittenen Rand.

Mikroskopische Untersuchung[1]) (geätzte Schliffe).

Abb. 21, Tafel 5 zeigt das Gefüge ganz kohlenstoffarmen Flußeisens. Der größte Teil der Fläche wird von weißen Vielecken eingenommen, die in überwiegendem Maße aus Eisen bestehen, jedoch geringe Mengen von Mangan, Nickel, Kupfer, Phosphor usf. in Lösung enthalten können. Dieser Gefügebestandteil wird Ferrit genannt. Er besteht aus Eisenkristallen (vgl. Abb. 1 u. ff. Tafel 1).

Abb. 22, Tafel 5 enthält außer diesen Ferritkörnern kleine dunkle Flecken P, P. Unter starker Vergrößerung zeigen diese das aus Abb. 23, Tafel 6 hervorgehende gestreifte Aussehen, welches erkennen läßt, daß jeder der dunklen Flecken in Abb. 22 aus härteren und weicheren Schichten zusammengesetzt ist. Die harten Bestandteile erweisen sich bei näherer Untersuchung als Blätter aus Eisenkarbid Fe_3C, die von der weichen Grundmasse (Eisen, Ferrit) eingehüllt sind. Sie enthalten also Kohlenstoff. Bemerkenswert ist, daß die Zusammensetzung der Inseln stets dieselbe bleibt, derart, daß diese stets etwa 0,8 bis 0,9% Kohlenstoff enthalten (physikalisches Gemisch).

Das Tageslicht erfährt an den Kanten der harten Blättchen aus Eisenkarbid, wenn diese gröber ausgebildet sind, Beugung, so daß Spektren entstehen, was ein perlmutterartiges Schillern zur Folge hat; weshalb dieser Gefügebestandteil „Perlit" genannt worden ist.

Nach dem Vorstehenden enthält die Perlitfläche 0,8 bis 0,9% Kohlenstoff. Aus dem Anteil, den der Perlit am Gefüge hat, kann daher auf den Kohlenstoffgehalt des Materials geschlossen werden. Abb. 24, Tafel 6 zeigt das Gefüge eines ausgeglühten Flußeisens, das nach der chemischen Analyse etwa 0,36% C enthält. Wird über das Bild eine Glastafel gelegt, auf die ein Quadratnetz gezeichnet ist, so läßt sich durch Abzählen und Schätzen bestimmen, wie viele von 100 Quadraten von Perlitinseln ausgefüllt sind. Im vorliegenden Fall ergeben sich 42 dunkle Quadrate, somit der Kohlenstoffgehalt zu
$0{,}42 . 0{,}8 = 0{,}34$ bis $0{,}42 . 0{,}9 = 0{,}38\%$,
gegenüber 0,36%, die durch chemische Untersuchung ermittelt worden waren. Dieses Abzählen mit Hilfe des Quadratnetzes ist einfacher und genauer, als die sonst vorgeschlagenen Verfahren des Planimetrierens oder Ausschneidens und Abwägens. Da die außer dem Eisen und Kohlenstoff vorhandenen Beimengungen, insbesondere das Mangan, den Gehalt des Perlit an Kohlenstoff beeinflussen, auch die Gestalt der einzelnen Perlitinseln nicht ganz ohne Wirkung ist, weil ferner die Ausdehnung der Perlitflächen auch von der Abkühlungsgeschwindigkeit abhängt

[1]) Um einen Begriff von dem Grad der Vergrößerung zu geben, sind in die Abbildungen Maßpfeile eingezeichnet.

(s. u.), wohnt der Kohlenstoffbestimmung anhand des Gefügebildes keine große Genauigkeit inne, doch besitzt sie dafür den großen Vorteil, Einblick in die Verteilung des Kohlenstoffgehaltes, in die Gleichförmigkeit des Materials und über den Zustand desselben zu gewähren, was bei der chemischen Untersuchung nicht ohne weiteres möglich ist.

Metallographische und chemische Untersuchung ergänzen sich daher gegenseitig. Abb. 25, Tafel 6 zeigt das Gefüge eines Flußmaterials von 5000 kg/qcm Zugfestigkeit, das also nach der oben angegebenen Begriffsbestimmung die Grenze zwischen Flußeisen und Flußstahl bildet; Abb. 26, Tafel 6 gibt das Gefüge von Flußstahl mit etwa 7000 kg/qcm Zugfestigkeit wieder; Abb. 27, Tafel 6 (aus Buch 2) zeigt das Gefüge eines Werkzeugstahles von etwa 0,8% C, das ganz aus Perlit besteht. In Abb. 28, Tafel 6 (aus Buch 2), dem Gefüge eines Werkzeugstahles mit etwa 1,2% C, tritt ein neuer, hell erscheinender Gefügebestandteil auf, der erhaben, also härter als Perlit ist. Die chemische Untersuchung führt zu der Erkenntnis, daß es sich um Inseln aus Eisenkarbid Fe_3C handelt, welcher Gefügebestandteil Zementit genannt wird. Bei der Kohlenstoffbestimmung aus dem Gefügebild genügt es, den Flächenanteil des Zementits zu ermitteln und ihn mit 6,7% C in die Rechnung einzuführen (neben der Perlitfläche, die 0,8 bis 0,9% C entspricht).

Alle bisher besprochenen Gefügebilder gelten für ausgeglühtes, langsam abgekühltes Flußmaterial. Durch Härten und Anlassen, Formänderung im kalten Zustand usf. werden weitgehende Veränderungen hervorgerufen, über die sich auf S. 239 Angaben finden.

Allgemeine Erscheinung, äußere Form, Bruch.

Flußeisen zeigt auf frischen Schnittflächen Silberfarbe. Nicht selten treten kleinere oder größere unganze Stellen, Schlackeneinschlüsse, meist von dunkler Farbe, hervor. Geschmiedete oder gewalzte Stücke sind von Zunder (Walzhaut, Hammerschlag) bedeckt, welche je nach der Entstehungsart rote, braune bis blaugraue Farbe aufweisen (über die Bedeutung des Abspringens der Zunderschicht bei hohen Beanspruchungen — Fließfiguren — vgl. S. 200).

Die Bruchflächen zerrissener Stäbe zeigen bei zähem Flußeisen Seidenglanz; bei weniger zähem Material erscheinen sie fein- bis grobkörnig. Kennzeichnend ist bei ersterem Material die Einschnürung und Trichterbildung sowie die Aufrauhung der Oberfläche und die Dehnung der Stäbe. Abb. 29, 30, 31[1]), Tafel 7 (nach Buch 1) zeigen zerrissene Stäbe. Abb. 32, Tafel 7 gibt die Bruchfläche vergüteten Stahles wieder; das fräserartige Aussehen ist kennzeichnend. Abb. 33, Tafel 7 zeigt zum Vergleich einen zerrissenen Gußeisenstab, der keine Einschnürung und keine Bruchdehnung aufweist (vgl. auch die auf den Stäben sichtbare Teilung, deren Striche ursprünglich je 10 mm Abstand hatten). Abb. 34 läßt Bruchflächen eines Stahldrahtes erkennen, der von verschieden hoher Temperatur in Wasser abgekühlt und dann abgebrochen worden ist. Die Bruchflächen zeigen nur bei richtiger Härtung feines Korn. Probekörper aus fehlerhaftem Flußeisen gehen aus Abb. 35, 36, 37, Tafel 8, 9 hervor. Ein durch Verdrehung zum Bruch gebrachter Stab ist in Abb. 38, Tafel 9 wiedergegeben.

Die Betrachtung der Abb. 29 ff. zeigt, daß der Bruch bei Zugbeanspruchung nicht in einer Ebene senkrecht zu der wirkenden Kraft, sondern schräg dazu, etwa unter 45° geneigt, erfolgt, d. h. in der Richtung, in der die auf S. 200 erwähnten Streckfiguren entstehen. In Übereinstimmung hiermit tritt der Bruch bei Verdrehung nicht längs einer unter etwa 45° verlaufenden Spirale, sondern in der Ebene des verdrehenden Momentes ein. Sprödes Material, wie Gußeisen, Beton, Kreide bricht dagegen bei Zug senkrecht zur Kraftrichtung (Abb. 33), bei Verdrehung schräg zur Ebene des verdrehenden Momentes. Bei sprödem Flußeisen und Flußstahl kommen auch diese Bruchformen sowie Übergangsformen vor.

Besitzt das Material gröbere Schlackeneinschlüsse, so beeinflussen diese das Bruchbild bedeutend. Drähte, die in weitgehendem Maße verdreht worden sind, können längs den bei ihrer Herstellung entstandenen Ziehriefen aufreißen und dann den Eindruck wachrufen, als sei der Bruch längs einer Spirale erfolgt, s. a. Abb. 36.

Die bisher angeführten Bilder beziehen sich auf Brüche, die bei einmaliger Kraftwirkung entstanden sind. Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn die Beanspruchung sich sehr häufig wiederholt oder ihre Richtung häufig wechselt. Solche „Dauerbrüche" entstehen besonders häufig bei Drehungs- oder Biegungsbeanspruchung. Abb. 39 und 40, Tafel 9 (nach Buch 2) zeigen Beispiele für solche Bruchflächen. Kennzeichnend ist das vollkommene Fehlen der Einschnürung,

[1]) Stereoskopbilder lassen das Wesen der Bruchflächen viel deutlicher erkennen, als Einzelabbildungen. (Vgl. S. 224, Fußbemerkung.)

auch bei zähem Material, ferner das geglättete Aussehen eines Teiles der Bruchfläche, die oft jahresringartige Zonen aufweist. Der Rest der Bruchfläche ist körnig; er entstand im Augenblick des Bruches.

Thermische Eigenschaften.

Formart- und Konsistenzänderungen durch Wärme und Druck, Wärmetönungen.

Wird ein Stück Flußstahl von 0,8% C in einem Glühofen erwärmt und sodann

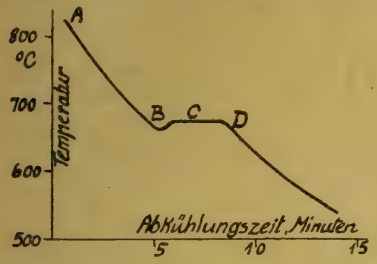


Abb. 41. Abkühlungslinie, Stahl.

mit dem Ofen langsam erkalten gelassen unter gleichzeitiger Beobachtung von Temperatur und Zeit, so ergibt sich nach Aufzeichnung der beobachteten Werte der in Abb. 41 dargestellte Linienzug (aus Buch 2). Die Abkühlungslinie verläuft von A bis B gleichförmig, bei B beginnt sie umzubiegen und etwas anzusteigen, um bei C einen Höchstwert zu erreichen. Daran schließt sich ein allmählicher Abfall und von D an wieder gleichförmiger Verlauf.

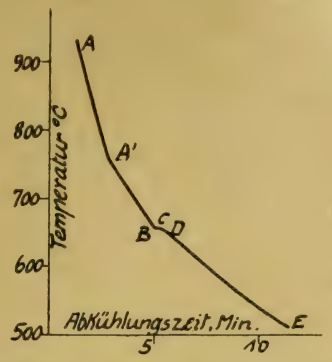


Abb. 42. Abkühlungslinie, Flußeisen.

In dem Gebiet B C D („Haltepunkt") ist also die Abkühlung verzögert, d. h., da der Ofen sich weiter abkühlt, von dem Stahlstück Wärme abgegeben worden. Durch Gefügeuntersuchungen läßt sich nachweisen, daß bei der durch den Punkt C gekennzeichneten Temperatur der „Perlit" (vgl. S. 227) im Eisen gelöst ist („feste Lösung"). Wird das Stahlstück oberhalb dieser Temperatur in Wasser abgeschreckt, so erfährt es Härtung. Unterhalb dieser Temperatur findet keine Härtung statt, der Perlit ist bei B C D abgeschieden worden. Die sattelartige Krümmung des Linienzugs bei B C D rührt von Unterkühlung her. Die Tiefe des Sattels hängt u. a. von der Abkühlungsgeschwindigkeit ab. Ein ähnlicher Verlauf der Linie stellt sich auch beim Erwärmen ein. Der Haltepunkt liegt dann höher.

Wird derselbe Versuch mit einem Flußeisenstück von etwa 0,2% Kohlenstoffgehalt angestellt, so ergibt sich ein Linienzug nach Abb. 42 (nach Buch 2), der bei A' eine Knickstelle aufweist. Auf dem Zweig A' B scheidet sich aus der gemäß dem oben Gesagten bestehen-

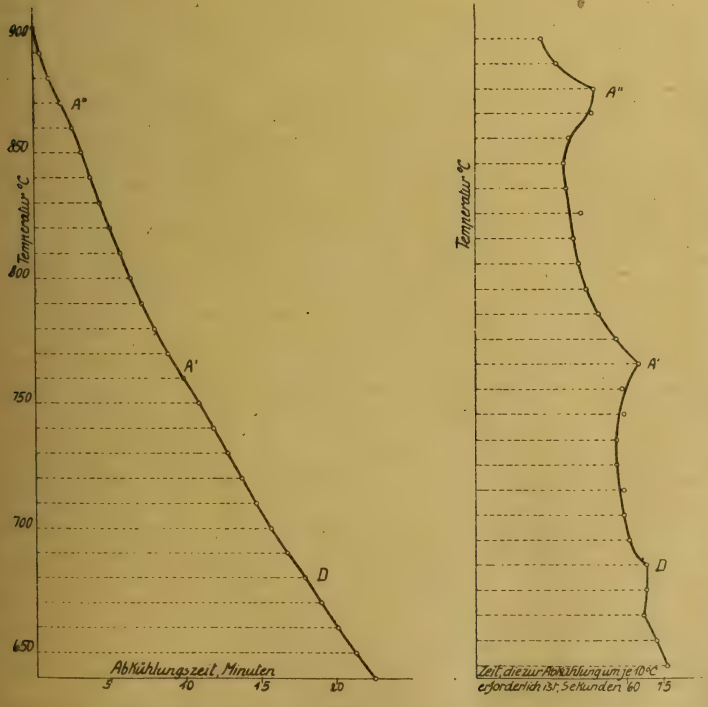


Abb. 43. Links Abkühlungslinie, rechts Differentialkurve davon. Eisen mit sehr geringem Kohlenstoffgehalt.

den festen Lösung freies Eisen ab (Ferrit). Bei B C D erfolgt Bildung der Perlitinseln, wie zu Abb. 41 ausgeführt. Näheres s. bei Abb. 44.

Ähnliche Linienzüge werden mit Stahl erhalten, der über 0,9% C enthält. Längs A′ B scheidet sich dann freier Zementit ab (vgl. Abb. 28. Zahlreiche Abkühlungslinien s. bei Bardenheuer in 27, 1917, S. 129).

Eisen mit ganz geringem Kohlenstoffgehalt zeigt Abkühlungslinien gemäß Abb. 43, links. Hier tritt bei A″ ein Knickpunkt auf. Diese Unstetigkeit rührt davon her, daß das Eisen dort eine allotrope Transformation (Änderung der Modifikation) erfährt. Die Eisenart, welche oberhalb dieses Punktes besteht, heißt „γ-Eisen", die, welche bei gewöhnlicher Temperatur vorhanden ist, wird „α-Eisen" genannt. Dazwischen wird von vielen Seiten eine dritte Modifikation, das „β-Eisen", angenommen, dessen Bestehen jedoch von anderen bezweifelt wird. Oberhalb der für die Wärmebehandlung des Eisens in Betracht kommenden Temperaturen besteht schließlich „δ-Eisen".

Von diesen Eisenarten haben für die Behandlung des Eisens insbesondere das γ-Eisen (unmagnetische Stähle, Härtung) und das α-Eisen (ausgeglühtes Eisen) Bedeutung.

Zustandsdiagramm (für die bei der Bearbeitung des Flußeisens und Stahles in Betracht kommenden Temperaturen).

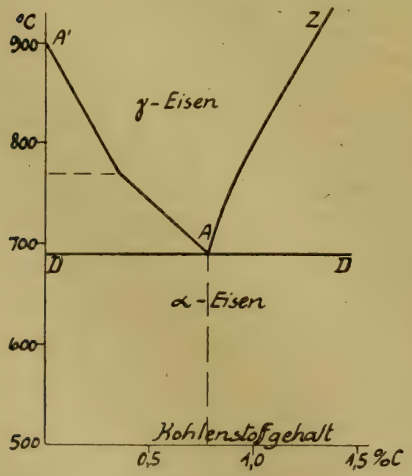


Abb. 44.
Zustandsdiagramm nach Roozeboom.

Werden die aus Abb. 41 bis 43 hervorgehenden Beobachtungen in einem Schaubild vereinigt, das sich auf das ganze Gebiet der Kohlenstoffgehalte erstreckt, so ergibt sich Abb. 44. Die Gebiete, in denen das γ-Eisen und das α-Eisen bestehen, sind ohne weiteres zu erkennen. Der Linienzug A′ A Z ist der geometrische Ort der Knickpunkte A′ in Abb. 42, die Gerade D D der geometrische Ort der Haltepunkte C.

Wie ersichtlich liegt der Punkt, in dem sich die beiden Linienzüge schneiden, bei etwa 0,8 bis 0,9% C. Material mit diesem Kohlenstoffgehalt besteht ganz aus „Perlit". Diese Zusammensetzung hat also die tiefste Lage des Knickpunktes A′ zur Folge. Die feste Lösung bleibt dort bis zur tiefsten möglichen Temperatur bestehen. Der Punkt wird daher als „eutektischer" Punkt, der Perlit als „Eutektikum" (d. i. leichtest schmelzender Bestandteil) die Linie D—D als eutektische Linie bezeichnet, welche Bezeichnung von dem Verhalten von Salz- oder Metallgemischen, bei denen ein eigentliches Schmelzen, d. i. Flüssigwerden, eintritt, entlehnt ist. Um die Vorgänge bei den festen und flüssigen Lösungen zu unterscheiden, ist neuerdings für Perlit die Bezeichnung „Eutektoid" vorgeschlagen worden. Das eigentliche Eutektikum der Kohlenstofflegierungen ist die Schmelze mit 4,3% C (Schmelzpunkt rd. 1130° C).

In neuerer Zeit ist der genauere Verlauf des Zustandsdiagramms der Eisenkohlenstofflegierungen Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden. Das hier wiedergegebene Bild, das den Angaben von Roozeboom entspricht, ist wohl das zuerst aufgestellte Zustandsdiagramm. (Näheres s. z. B. in dem ausführlichen Werk 21 von Gürtler.) Das technisch verwendete Eisen enthält stets Beimengungen, die die Lage der eutektischen Linie mehr oder weniger stark beeinflussen (tiefer legen). (Näheres s. z. B. in 27, 1917, S. 161.)

Verfahren der thermischen Untersuchung (vgl. 27, 1913, S. 180, Schwartz in 4, 1912, S. 223, Mahlke in 9, 1918, S. 1033).

Zur Ermittlung der Schmelzpunkte, der Erstarrungstemperatur, der inneren Umwandlungen usf. ist Messung der Temperaturen und der Temperaturänderungen erforderlich.

Thermometer finden zu solchen Bestimmungen nur selten Verwendung; meist erfolgen die Temperaturmessungen mittels Thermoelementen in Verbindung mit Spannungsmessern (Millivoltmeter, Galvanometer) — Pyrometer.

Für hohe Temperaturen ist ein Element gebräuchlich, dessen einer Draht aus Platin und dessen anderer Draht aus Platin + 10% Rhodium (nach dem Vorschlag von Le Chatelier) hergestellt ist.

Beide Drähte sind durch Zusammenschmelzen vereinigt (Wasserstoff-Sauerstoffgebläse), die Schweißstelle wird in den Körper eingeführt, dessen Wärmegrad zu messen ist („Warmlötstelle"). Durch Rohre aus Quarz, Marquardtscher Masse usf. hat Schutz (auch vor Gasen) sowie Isolierung der Drähte zu erfolgen. Für technische Messungen sollten die Drähte nicht zu dünn gewählt werden (0,5 bis 0,6 mm); damit sich zuverlässige Messungen ergeben, ist dann dafür zu sorgen, daß die Drähte auf eine ausreichend lange Strecke auf die zu messende Temperatur erwärmt werden, weil sonst durch Wärmeleitung Abkühlung der Schweißstelle entsteht. Die Drähte sollen auch nicht zu kurz sein, damit die Enden ausreichend weit von der Wärmequelle entfernt mit dem Meßinstrument (Millivoltmeter, Galvanometer) oder mit den als Verlängerung dienenden Kupferdrähten verbunden werden können. Diese Verbindungsstellen „Kaltlötstellen" ergeben ebenfalls Thermoströme. Sollen solche vermieden werden, so sind die Kaltlötstellen in Eiswasser von 0° C zu legen. Anderenfalls hat Berichtigung der Spannungsablesung bzw. Temperaturablesung nach Abb. 45 stattzufinden, indem die Ablesungen am Galvanometer um den aus Abb. 45 hervorgehenden

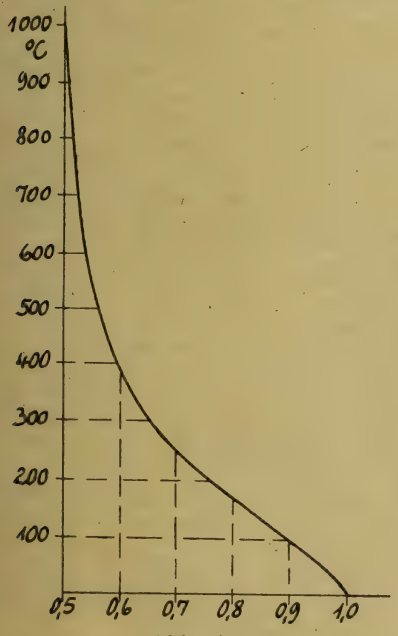


Abb. 45.
Berichtigungswerte für Thermoelemente.

Bruchteil der Klemmentemperatur erhöht wird (Beispiel: Klemmentemperatur 20° C; Ablesung am Galvanometer 400° C. Berichtigte Temperatur 400 + 0,6.20 = 412° C).

Der bei der Erwärmung eintretende Spannungsunterschied zwischen den beiden Drahtenden ist der Erwärmung nicht proportional: der Zusammenhang zwischen Temperatur und Spannung ist durch Eichung zu bestimmen. Im Handel sind Millivoltmeter, welche außer der Millivoltskala eine Temperaturteilung besitzen. Die Eichung der Pyrometer ist von Zeit zu Zeit zu wiederholen, am einfachsten durch Ermittlung der Schmelzpunkte reiner Metalle (z. B. Zinn 231° C, Zink 419° C, Antimon 631° C, Kupfer an der Luft, d. h. Kupferoxydul, 1065° C).

Für Temperaturen bis etwa 600° C finden Thermoelemente anderer Zusammensetzung, z. B. Kupfer-Konstantan (für tiefe Temperaturen Eisen-Konstantan) Verwendung, welche weit höhere Spannungsunterschiede ergeben, als das Platin-Rhodium-Element. Eichung kann hier in der Regel durch Vergleich mit guten Thermometern erfolgen. In neuester Zeit sind Chromlegierungen (Nichrom) vorgeschlagen worden, die sich zur Messung von Temperaturen bis 1100° C eignen und fast genau die gleichen Ausschläge ergeben wie Platin-Rhodium-Elemente.

Ermittlung der Erwärmungs- und Abkühlungslinie. Geschwindigkeitslinie.

(Verfahren I.)

Feste Körper werden mit einer bis zur Mitte reichenden Bohrung (von z. B. 4 mm Weite) versehen, in die das Thermoelement eingeführt wird. Erwärmung sowie Abkühlung finden am gleichförmigsten statt, wenn die Probekörper Kugelgestalt erhalten, was meist übersehen wird. Bei Schmelzversuchen wird das Thermoelement mit seinem Schutzrohr ausreichend tief in den Tiegel eingeführt. Die Erwärmung findet in Öfen statt, welche die Temperatur (und Temperatursteigerung) leicht regeln lassen und stetige Abkühlung aufweisen. Beim Einlegen der Körper ist zu beachten, daß Metalloxyde mit den Porzellanrohren, Tiegeln usf. der Öfen leichtschmelzende Schlacken liefern, was dann rasche Zerstörung zur Folge haben kann. (Unterlagen aus Asbestwolle, nicht Asbestpappe, welche oft leicht schmilzt, oder unglasierten Porzellanscherben).

Beobachtet wird die Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit entweder dadurch, daß in bestimmten Zeitabständen die Temperatur abgelesen wird oder dadurch, daß Ermittlung der Zeit bei bestimmten Temperaturen (alle 10 Grad) erfolgt. Das erstere Verfahren gibt nicht

selten ein schärferes Bild des Temperaturverlaufes.

Aus den Beobachtungen können die Erwärmungs- und Abkühlungslinien aufgezeichnet werden (vgl. Abb. 41 ff.) Die auf diesen hervortretenden Knicke und Unstetigkeiten, Kuppen (Maxima) usf. prägen sich noch mehr aus, wenn statt der Abkühlungslinien die Linien ihrer Differentialquotienten d. h. die Abkühlungsgeschwindigkeiten ermittelt werden. Mit Annäherung wird dies erreicht durch

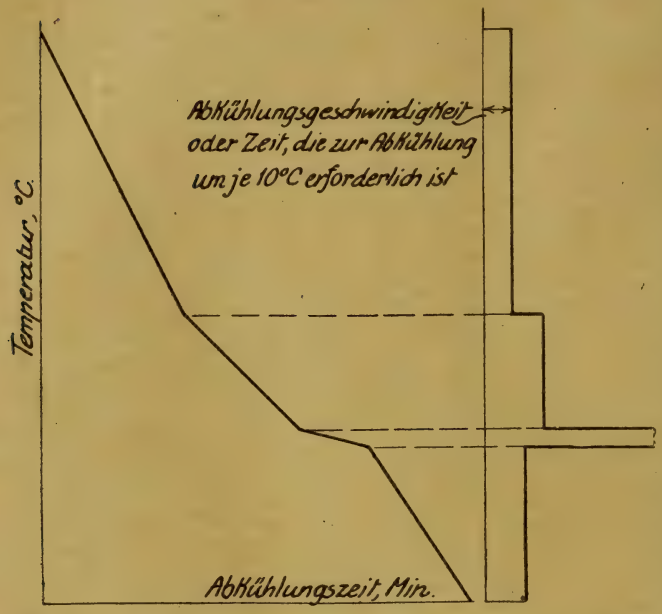


Abb. 46. Links Abkühlungslin'e, rechts Differentialkurve (diese schematisch).

Ermittlung der Zeit, die zum Durchlaufen eines gewissen Temperaturunterschiedes (z. B. von 10° C) bei den verschiedenen Temperaturen erforderlich ist. Diese Ge-

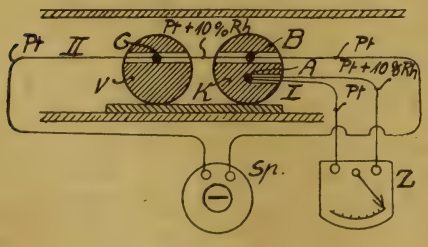


Abb. 47.
Vorrichtung für Abkühlungsversuche (Verfahren II).

schwindigkeitslinien („Differentialkurven") stellen, solange die Abkühlungslinie gerade verläuft, Gerade dar, die parallel zur Temperaturachse sind. Knickstellen d. h. Richtungsänderungen der ersteren bewirken Parallelverschiebung der letzteren, Kuppen treten als Spitzen hervor. Vgl. die schematische Abb. 46 sowie den rechts neben Abb. 43 gezeichneten Linienzug.

Eine weitere Auswertung der Abkühlungslinien besteht in der Ermittlung der Haltepunktsdauer. Wird diese z. B. für Flußeisen mit verschiedenem Kohlenstoffgehalt bei sonst gleichen Bedingungen (gleiche Größe und Gestalt der Probekörper, gleiche Erwärmung, gleiche Abkühlungsverhältnisse usf.) ermittelt, so zeigt sich, daß sie mit steigendem Kohlenstoff-(Perlit-) Gehalt von Null an rasch zunimmt bis zu 0,8 bis 0,9% C d. h. bis zur eutektischen Zusammensetzung, sodann jedoch wieder langsam abnimmt, weil ein Teil des Gefüges aus freiem Zementit besteht („Thermische Analyse" nach Tammann) vgl. z. B. Abb. 41 und 42, Länge von Stück B C D.

Verfahren II.

Die bisher beschriebenen Verfahren besitzen den großen Vorzug, daß nur 1 Thermoelement erforderlich ist und daß dieses in die zu untersuchende Probe eingeführt wird; sie sind jedoch für manche Bestimmungen nicht empfindlich genug. In solchen Fällen kommen Unterschiedsverfahren zur Anwendung. Hierbei sind 2 Thermoelemente mit zusammen 3 Lötstellen erforderlich, vgl. Abb. 47. Das Thermoelement I mit Zeigergalvanometer Z entspricht dem oben beschriebenen Pyrometer. Es mißt mit der Lötstelle A die Temperatur des Probekörpers K. Thermoelement II hat 2 Lötstellen B und C, von denen die eine B in dem zu untersuchenden Probestück K, die andere C in einem Vergleichskörper V, liegt, der aus einem Stoff besteht, der stetige Abkühlung, also keine Umwandlungen usf. erfährt (Platin, Kupfer, Porzellan, Manganstahl mit 13% Mn). Sp ist ein empfindliches (Spiegel-) Galvanometer. Dem Wesen nach ist der Vorgang folgender. Beide Körper werden gemeinsam und gleichförmig erwärmt. Körper V und K erhalten dabei gleiche Temperatursteigerung, also auch gleiche Temperatur. Die Lötstelle B erzeugt hierbei denselben Spannungsunterschied, wie die Lötstelle C, durch das Galvanometer

Sp fließt aber kein Strom, weil die Spannungen entgegengesetzt gerichtet sind, es schlägt daher nicht aus. Setzt nun im Körper K z. B. ein Lösungsvorgang ein, so wird Wärme verbraucht, die Temperatursteigerung wird dort verzögert, Körper K bleibt kälter als Körper V, das Galvanometer Sp zeigt einen Ausschlag. Nach Beendigung des Vorgangs stellt sich wieder Temperaturgleichheit ein, der Ausschlag verschwindet. Die Temperatur, bei welcher der Ausschlag auftritt, wird durch das Thermoelement I gemessen. Da das Galvanometer Sp sehr empfindlich ist, werden Vorgänge mit geringer Wärmetönung noch bemerkbar, welche sich bei den zuerst beschriebenen, einfacheren Verfahren der Beobachtung entziehen würden.

Bei Ausführung des Versuchs gestalten sich die Verhältnisse weniger einfach. Erwähnt sei nur folgendes. Körper K und V bestehen aus verschiedenen Stoffen, nehmen also bei gleicher Erwärmungsart verschieden rasch Wärme auf. Das Galvanometer Sp wird daher nicht in der Nullage verharren, sondern einen Ausschlag von stetig zunehmender Größe zeigen. Setzt die Umwandlung ein, so erfährt der Ausschlag, wie besprochen, eine mehr oder weniger plötzliche und bedeutende Steigerung oder Abnahme. Dabei bleibt der Körper K in der Temperatur zurück. Nach Beendigung des Vorgangs hat K eine tiefere Temperatur als der Vergleichskörper V, der inzwischen weitere Temperatursteigerung erfahren hat usf. Die Ablesungen sind also nicht nur durch die festzustellenden Wärmetönungen, sondern auch durch die Folgen der Temperaturunterschiede beeinflußt, die von der Verschiedenheit der Körper K und V herrühren und in der Regel um so erheblicher ausfallen, je rascher der Versuch durchgeführt wird.

Verfahren III.

Während bei dem oben beschriebenen Verfahren die beiden Galvanometer unabhängig voneinander arbeiten, und ihre Ausschläge in Abhängigkeit von der Zeit beobachtet werden, erfolgt nach dem Vorschlag von Saladin Aufzeichnung der Ausschläge des Galvanometers Sp in Abhängigkeit von der Temperatur des Körpers K. Zu diesem Zweck sind beide Galvanometer als Spiegelgalvanometer ausgebildet. Der von einer Lichtquelle kommende Lichtstrahl trifft zuerst den Spiegel des Galvanometers Sp, das mit wagrechter Achse arbeiten möge, wird von diesem entsprechend dem Temperaturunterschied der Körper K und V abgelenkt und auf den Spiegel des Galvanometers Z geführt. Dreht sich dieser um eine senkrechte Achse, so entsteht eine wagrechte Bewegung des Lichtpunktes, wenn Galvanometer Z ausschlägt, und eine Auf- und Abwärtsbewegung, wenn Galvanometer Sp eine Drehung ausführt. Die Bewegung des Lichtpunktes wird photographisch festgehalten. Statt Galvanometer Sp mit wagrechter Achse zu bauen, wird zwischen Z und Sp ein Prisma eingeführt, das den Lichtstrahl um 90° dreht.

Hinsichtlich der Einflüsse, die von der Verschiedenheit der Körper K und V herrühren, ist das unter II Gesagte zu beachten.

Volumenänderungen

entstehen infolge der Ausdehnungen durch die Wärme (s. u.). Unstetigkeiten im Verlauf der Ausdehnung treten an den Stellen ein, an denen die Abkühlungslinien Knick- und Haltepunkte aufweisen.

Schmelzpunkt.

Der Schmelzpunkt hängt in erster Linie von dem Kohlenstoffgehalt ab. Er liegt für reines Eisen nahe bei 1500° C und sinkt für Flußstahl bis auf etwa 1300° C herab.

Umwandlungspunkt ist die Temperatur, bei welcher eine Eisenart in die andere übergeht; Näheres s. o. unter Wärmetönungen.

Eutektischer Punkt.

S. o. unter Zustandsdiagramm.

Dichte.

Das Gewicht der Raumeinheit des Flußeisens und Flußstahles beträgt 7,8 bis 7,9 g/ccm. Beimengungen beeinflussen es. Insbesondere üben schwere Metalle (Wolfram) erheblichen Einfluß. Beim Härten erfahren die Stähle je nach Zusammensetzung, Behandlung und Gestalt geringe Vermehrung oder Verminderung des Raumgewichtes. (Vgl. Schulz in 4, 1915, S. 66, 3. Heft 164.) Bleibende Formänderung vermindert das letztere.

Wärmeausdehnung.

Für praktische Zwecke pflegt angegeben zu werden, daß das Eisen für je 1° C Temperaturänderung seine Länge um $^1/_{80000}$ = 12,5 Milliontel ändert. Genauere Untersuchungen zeigen jedoch, daß die Ausdehnungszahl mit zunehmender Temperatur ziemlich rasch wächst. Nach Dittenberger (4, 1902, S. 1532 ff.) ergab sich die Ausdehnungszahl (t = Temperatur in ° C) zwischen 0 und 500° C für Flußeisen zu (11,475 + 0,0053 t) Milliontel, zwischen 0 und 500° C für Flußstahl zu (11,181 + 0,00526 t) Milliontel.

Driesen behandelt in 27, 1914, S. 129 und 1916, S. 27 die Ausdehnung auch im Gebiet der Umwandlungstemperaturen.

Wärmeleitung.

Nach Landolt und Börnstein ermittelten Jäger und Diesselhorst folgende Wärmeleitzahlen (d. i. Wärmemenge, die in 1 Sek. durch 1 qcm Querschnitt bei 1° C Temperaturgefälle geht)

Flußeisen mit 0,1 % C bei 18° C 0,1436
„ „ 100° C 0,1420
Stahl „ 1 % C „ 18° C 0,1085
„ „ 100° C 0,1076.

Spezifische Wärme.

Nach Oberhoffer (4, 1908, S. 1196, Metallurgie 1907, S. 427).

Temperatur Grad C	mittlere spezifische Wärme	Temperatur Grad C	mittlere spezifische Wärme
300	0,1257	1000	0,1678
400	0,1305	1100	0,1664
500	0,1366	1200	0,1667
600	0,1417	1300	0,1662
700	0,1594	1400	0,1665
900	0,1698	1500	0,1657

Nach Jäger und Diesselhorst bei 18° C: 0,1054, bei 100° C: 0,1185.

Schmelz- und Umwandlungswärme.

Nach Landolt-Börnstein ist die Schmelzwärme für 1 kg graues Gußeisen 23 kcal, weißes Gußeisen 32 bis 34 kcal.

Verbrennungswärme (nach „Hütte")

$Fe + O = FeO$ 1260 kcal
$2Fe + 3O = Fe_2O_3$ 1890 kcal
$3Fe + 4O = Fe_3O_4$ 1680 kcal.

Mechanisch-technische Eigenschaften.

Nähere Angaben s. S. 187 f.

Widerstand gegen Eindringen vgl. S. 214. (Kugel- und Kegeldruckprobe.) Von der Temperatur hängt die Kugeldruckhärte in ähnlicher Weise ab wie die Zugfestigkeit (s. u.).

Widerstand gegen Druck.

Die Druckelastizität ist mit großer Annäherung gleich der Zugelastizität (s. u.). Zähes Flußeisen zeigt zunächst eine ausgeprägte Quetschgrenze, ungefähr bei derselben Beanspruchung, bei der sich die Streckgrenze beim Zugversuch einstellt und erleidet nach Überschreiten der Streckgrenze weitgehende Formänderung, derart, daß kurze zylindrische Stücke faßartige Aufbauchung erfahren. Infolgedessen erfährt das Material in Richtung des Umfanges Dehnung, welche schließlich zum Aufreißen führt. Aufreißen wird durch Schlackenadern u. dergl. befördert, vgl. hierzu S. 236 und Abb. 23 Taf. 10. Von einer eigentlichen Druckfestigkeit kann unter diesen Umständen nicht gesprochen werden, die Quetschgrenze tritt an die Stelle der Druckfestigkeit. Höhere Zylinder knicken nach Überschreiten der Quetschgrenze S-förmig aus. Rohre usf. erfahren wulstartige Ausbauchung, wodurch ihre Widerstandsfähigkeit erschöpft ist, so daß keine eigentliche Druckfestigkeit ermittelt werden kann. (Näheres s. in dem Buch 1, 7. Aufl. S. 202 u. f.) Anders liegen die Verhältnisse bei gehärtetem Stahl. Dieser erfährt nach ausreichender Steigerung der Belastung Zertrümmerung. Die Druckfestigkeit schwankt je nach der Zusammensetzung und Beschaffenheit in so weiten Grenzen (obere Grenze bis etwa 50 000 kg/qcm), daß allgemeingültige Angaben nicht gemacht werden können. Bei der Vornahme von Versuchen ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Bruchstücke heftig umher geschleudert werden. Nicht selten zerspringen ferner stark belastet gewesene, nicht gebrochene Probekörper aus gehärtetem Stahl nach längerer Lagerzeit, weshalb auch bei der Aufbewahrung solcher Vorsicht geboten ist. Durch Anlassen wird die Sprödigkeit bedeutend vermindert.

Über den Widerstand glühenden Flußeisens beim Schmieden vgl. die Arbeiten von Fuchs (4, 1915, S. 915) und Riedel (3, Heft 141).

Über Stauchversuche mit Flußeisen s. Martens, 8, 1891.

Zur Messung der Spaltbarkeit pflegt die Kerbschlagprobe Verwendung zu finden, über welche S. 212 die erforderlichen Angaben gemacht werden. Die zum Bruch verbrauchte Arbeit („Kerbzähigkeit") hängt in hohem Maße von der Temperatur und der vorausgegangenen Behandlung ab. Sie wird durch Vergüten erhöht.

Widerstand gegen Zug (vgl. S. 198).

Zugfestigkeit (vgl. S. 201).

Die Dehnungszahl der Federung (Dehnungskoeffizient, reziproker Wert des Elastizitätsmodul) — vgl. S. 199 — beträgt bei der gewöhnlichen Temperatur für Flußeisen und Flußstahl 0,455—0,5 Milliontel = 1 : 2 200 000 bis 1 : 2 000 000, gleichgültig, welche Behandlung das Material erfahren hat und wie es zusammengesetzt ist. Als Durchschnittswert kann etwa 0,475 Milliontel = 1 : 2 100 000 angesehen werden. (Werden die Spannungen auf qmm bezogen, so sind die einzuführenden Werte 100 mal größer, also 47,5 Milliontel = 1 : 21 000 usf.). Sehr häufig wird bei Elastizitätsversuchen auch heute noch übersehen, daß neben den Federungen bleibende Dehnungen auftreten. Wird die Dehnungszahl aus den gesamten (d. i. federnden + bleibenden) Verlängerungen berechnet, so ergeben sich naturgemäß falsche, zu große Werte. Bei nicht ausreichend sorgfältiger Versuchsdurchfüh-

rung können auch zu kleine Werte ermittelt werden.

Die Dehnungszahl der Federung ist für ein bestimmtes Flußeisen von der Größe der Spannung nahezu unabhängig; nicht selten wachsen die Dehnungen ein wenig rascher als die Spannungen (vgl. z. B. S. 203). Bei gehärtetem Stahl ist die Veränderlichkeit etwas größer als bei ausgeglühtem Flußeisen (vgl. das Buch 2, Abb. 225).

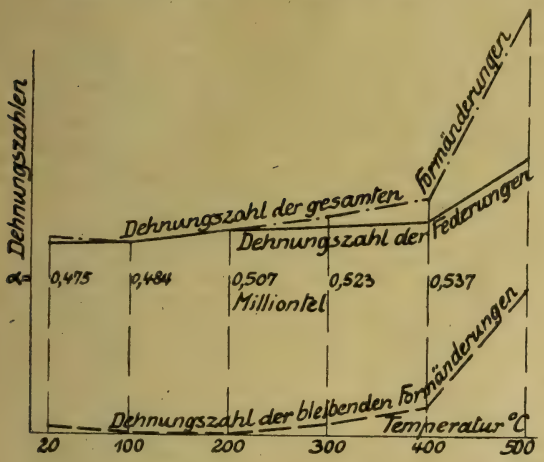


Abb. 48. Dehnungszahlen bei verschiedener Temperatur.

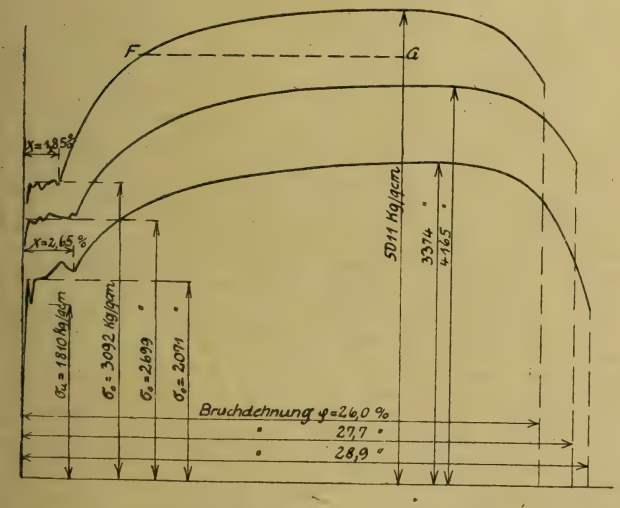


Abb. 49. Dehnungslinien von Flußeisen verschiedener Zugfestigkeit.

Versuche über die Abhängigkeit der Dehnungszahl der Federung von der Temperatur sind bisher nur in geringer Zahl ausgeführt worden, da ihre Ausführung großen Schwierigkeiten begegnet, insbesondere wenn, wie verlangt werden muß, die bleibenden Dehnungen Berücksichtigung finden (Näheres s. z. B. 10, S. 16 und 69). Es empfiehlt sich daher, statt der Zugversuche Biegungsversuche vorzunehmen, bei denen viel größere Formänderungen entstehen, die leichter mit der erforderlichen Genauigkeit gemessen werden können. (Über Ergebnisse solcher Messungen ist z. B. berichtet in dem Buch 2, Abb. 48 ist dem Buche entnommen.) Sie zeigt zunächst den bei höheren Temperaturen bedeutenden Anteil der bleibenden Formänderungen, und sodann die ausgeprägte Zunahme der Dehnungszahl mit der Temperatur.

Die Größe der bleibenden Dehnungen für bestimmte Belastungen hängt in hohem Grade von der vorausgegangenen Behandlung ab. Flußeisen, das Überanstrengung erfahren hat, zeigt bei gleicher Beanspruchung geringere bleibende Dehnung als vor der Überanstrengung. Gehärtetes Material liefert bei mäßigen Beanspruchungen (im Gegensatz zu dem, was zunächst angenommen werden könnte) größere bleibende Dehnungen als angelassenes oder ausgeglühtes Material (Näheres s. 2, Abb. 224). Daß das Dehnungsmaß, das den Bruch herbeiführt, für den gehärteten Stahl weit kleiner ist als nach dem Anlassen, hat hiermit nichts zu tun.

Stäbe, die im Einsatz Kohlung (s. u.) und sodann Härtung erfahren haben, weisen größere bleibende Dehnung auf, als gleichförmige Stäbe. (Näheres s. 1, 7. Aufl., S. 179 ff. sowie ausführlicher in 12.)

a) Ausgeglühtes Material.

Ausführliche Beschreibung eines Zugversuchs s. S. 203. Abb. 49 zeigt die Dehnungslinien für Stäbe aus Flußeisenmaterial verschiedener Festigkeit. Die Streckgrenze (obere und untere Streckgrenze, s. S. 200, σ_o und σ_u ist um so länger ausgeprägt, je niederer die Zugfestigkeit liegt. Aus der Länge der Strecke x wird für Kesselbleche nach Bach (4, 1905, S. 778 ff.) auf die Zähigkeit des Materials geschlossen. Im allgemeinen liegt die Streckgrenze ungefähr bei 0,6—0,7 der Zugfestigkeit,

doch kommen auch andere Verhältniszahlen vor. Durch Kaltziehen, Härten usf. wird die Streckgrenze (sowie die angegebene Verhältniszahl bis zu 1) gehoben, die Länge der Strecke $\varkappa$ sehr stark vermindert.

Die Bruchdehnung φ ist im allgemeinen um so kleiner, je höher die Zugfestigkeit ist, doch hängt ihre Größe

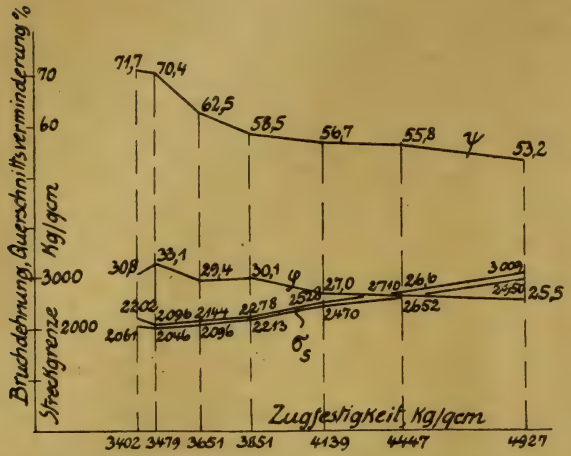


Abb. 50. Beziehungen zwischen Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und Querschnittsverminderung.

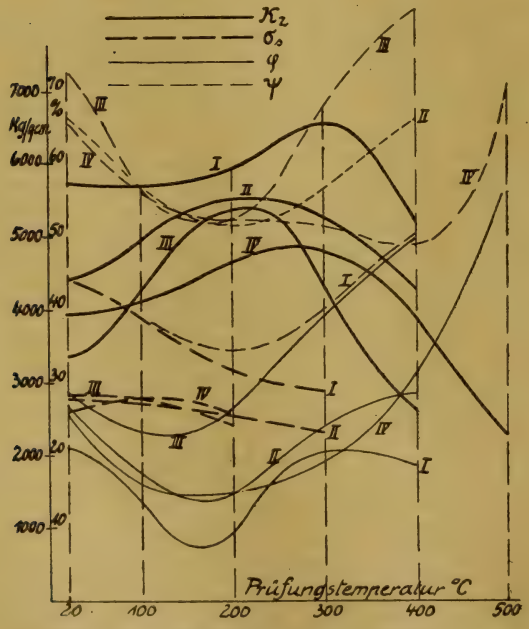


Abb. 51. Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften von der Temperatur.

in hohem Maße von dem Zustand des Materials ab. Flußeisen von sehr geringer Zugfestigkeit (< 3400 kg/qcm) hat manchmal geringere Bruchdehnung als solches von etwas höherer Festigkeit. Es besitzt auch, wenn nicht bei seiner Herstellung besondere Vorsicht gebraucht wurde, nicht selten geringere Zähigkeit, neigt z. B. bei Kesselblechen oft zur Rißbildung, besteht die Hartbiegeprobe nicht. Abb. 50 zeigt die Abhängigkeit der Streckgrenze σ_s (obere und untere) sowie der Bruchdehnung φ und der Querschnittsverminderung ψ von der Zugfestigkeit, ermittelt an Kesselblechen.

Von großem Einfluß erweist sich die Prüfungstemperatur. Abb. 51 zeigt die Abhängigkeit von Streckgrenze σ_s, Zugfestigkeit K_z, Bruchdehnung φ und Querschnittsverminderung ψ für vier Flußeisenarten und läßt erkennen, daß sich die einzelnen Eisensorten sehr verschieden verhalten. (Näheres s. in dem Buche 2, Abschnitt I.)

Von besonderer Bedeutung erweist sich die Prüfungstemperatur, wenn die Stücke gehärtet oder eingesetzt und gehärtet sind (s. u.). Dann gesellt sich die Wirkung des Anlassens der gehärteten Stäbe zu dem besprochenen Einfluß der Prüfungstemperatur.

Über den Einfluß der Zerreißgeschwindigkeit vgl. S. 209 sowie das Buch 1, 7. Aufl. S. 163ff.

Die bisher besprochenen Ergebnisse gelten für fehlerfreie Stücke. Probekörper mit Fehlstellen verhalten sich unter Umständen stark abweichend. Beeinträchtigt z. B. eine Fehlstelle die Zugfestigkeit um 10%, so wird sie die Bruchdehnung weit stärker herabdrücken wie in Abb. 49 durch die gestrichelte Linie F—G veranschaulicht wird, welche erkennen läßt, daß im Fall einer solchen Festigkeitsminderung der Bruch nach Erreichen des Punktes F erfolgen würde. Dies ist insbesondere zu beachten, wenn geschweißte oder in anderer Weise verbundene Stäbe geprüft werden. Bei solchen Stücken können sich noch andere Einflüsse bemerkbar machen, insbesondere ungleiche Stärke der Meßlänge. (Näheres hierüber s. 4, 1920, S. 136. Bei im Einsatz gehärteten Stäben gibt die Dehnbarkeit der Oberflächenschicht den Ausschlag. Näheres s. u. S. 242 sowie in 12. Oberflächliche Verletzungen führen namentlich bei Stahl, ferner bei kalt

gewalztem Material oft vorzeitig den Bruch herbei.

Aus allen diesen Bemerkungen geht hervor, daß beim Vergleich der Bruchdehnungszahlen stets alle in Betracht kommenden Verhältnisse im Auge behalten werden müssen, wenn ein brauchbares Urteil erlangt werden soll. Auch das auf S. 209 Bemerkte ist zu beachten.

b) Einflüsse verschiedener Behandlung.

α) Formänderung.

Schmieden und Walzen im glühenden Zustand äußern Einfluß in der Richtung, daß die Zugfestigkeit und namentlich die Bruchdehnung Erhöhung erfährt. Besonders ausgeprägt ist dies der Fall bei dicken Stücken, die vorher nur geringe mechanische Durcharbeitung erfahren hatten. Bei solchen Stücken tritt im letzteren Fall ein bedeutender Unterschied des Verhaltens in der Längs- und Querrichtung zutage. Als Beispiel seien Zahlen für geschmiedeten Siemens-Martinstahl angeführt. (Nach dem Buch 2 S. 92.)

	Streckgrenze kg/qcm	Zugfestigkeit kg/qcm	Bruchdehnung %	Querschnittsverminderung %
Längs	2490—2440	5080—5200	15,2—20,2	16—25
Quer	2070—2090	4050—4330	6,6— 7,7	6— 9

Bei stärker verarbeitetem Material sind die Unterschiede weit geringer. So haben sich z. B. bei warmem Verwalzen auf verschiedene Dicke aus demselben Knüppel folgende Werte ergeben (Rudeloff, Heft 28 des deutschen Ausschusses für Eisenbeton), die eine ausgesprochene Gesetzmäßigkeit nicht erkennen lassen:

	Warm ausgewalzt auf mm				Kaltgezogen von mm	
	12	9,5	8,2	7,4	9,5 auf 7,4	8,2 auf 7,4
Streckgrenze kg/qcm .	2490	2910	2750	3040	6410	5860
Zugfestigkeit „ .	4020	4050	4010	3950	6990	6310
Bruchdehnung % . . .	27,7	30,4	27,8	31,6	10,2	11,9

Bei Beurteilung diesbezüglicher Versuchsergebnisse muß darauf geachtet werden, ob nicht die dünneren Stücke raschere Abkühlung erfahren, was ihre Zugfestigkeit wesentlich erhöhen kann.

Nach Kaltwalzen und Ziehen findet sich die Festigkeit bedeutend erhöht, die Bruchdehnung vermindert, so ist z. B. nach den oben angeführten Zahlen:

bei Verminderung des Querschnitts um	$\frac{9{,}5^2-7{,}4^2}{9{,}5^2}100 = 39\%$	$\frac{8{,}2^2-7{,}4^2}{8{,}2^2} = 19\%$
die Streckgrenze erhöht worden um .	$\frac{6410-2910}{2910}100 = 120\%$	$\frac{5860-2750}{2750}100 = 113\%$
„ Zugfestigkeit „ „ „ .	$\frac{6990-4050}{4050}100 = 73\%$	$\frac{6310-4010}{4010}100 = 57\%$
„ Bruchdehnung vermindert um . .	$\frac{30{,}4-10{,}2}{30{,}4}100 = 66\%$	$\frac{27{,}8-11{,}9}{27{,}8}100 = 57\%$

Dabei ist im Auge zu behalten, daß die sämtlichen Werte auf die nach dem Ziehen vorhandenen Abmessungen des Stabes bezogen werden und daß der Stab beim Ziehen eine beträchtliche Querschnittsverminderung erfährt. Würden beim Zerreißversuch mit dem ausgeglühten Material die Spannungen auf den jeweils vorhandenen kleinsten Querschnitt an der Stelle der örtlichen Einschnürung (Abb. 4, S. 201) bezogen werden, so fände sich ebenfalls eine bedeutend größere Spannung als die in der üblichen Weise berechnete Zugfestigkeit (vgl. S. 205). Hierzu kommt die Wirkung der Kaltbearbeitung an sich, wie sie sich z. B. aus dem Einfluß des Biegens und wieder Geraderichtens ermitteln läßt. Abschnitte des oben besprochenen Eisens wurden nach dem Krümmungshalbmesser 14 cm gebogen und sodann vorsichtig gerade gerichtet. Angeführt seien 2 Beispiele:

	Streck-grenze	Zug-festigkeit	Bruch-dehnung	Streck-grenze	Zug-festigkeit	Bruch-dehnung
ursprünglich . . .	2490	4020	27,7	6410	6990	10,2
nach Biegen und Richten	3350	4540	18,8	6710	6990	6,6
Unterschied % . .	+ 35	+ 13	— 32	+ 5	± 0	— 35

Kaltziehen hebt die Streckgrenze; durch ausreichend weitgehendes Kaltziehen wird sie zum Verschwinden gebracht, Ausglühen stellt die ursprünglichen Eigenschaften mit Annäherung wieder her (vgl. die ausführliche Arbeit von Goerens in 27, 1912, S. 65 und S. 226).

Eine Wirkung ganz anderer Art entsteht, wenn kalt bearbeitetes oder gequetschtes Eisen Erwärmung auf 200 bis 400° C erfährt. Wie vom Verfasser erstmals (in 4, 1915, S. 628ff.) gezeigt, gibt es Flußeisen, welches durch eine solche Behandlung große Sprödigkeit erhält. Diese Eigenschaft des Eisens ist in vielen Fällen von großer Bedeutung. Nicht wenige Rißbildungen sind auf sie zurückzuführen.

Weit länger bekannt war der schädliche Einfluß der Bearbeitung des Flußeisens bei den oben bezeichneten Wärmegraden, welche auch wohl als „Blauwärme" bezeichnet werden. Es ist im Auge zu behalten, daß bei diesen Temperaturen der Zugversuch weit geringere bleibende Dehnungen ergibt als bei Zimmerwärme (vgl. Abb. 48).

Hand in Hand mit den Veränderungen der Festigkeitseigenschaften geht die Veränderung des Gefüges. Abb. 6 und 52, Tafel 2, 11 zeigen das Aussehen desselben Materials im stark kaltgezogenen Zustand und nach dem Ausglühen. Bei Abb. 6 besitzen die einzelnen Körner ausgeprägte Streckung; bei Abb. 52, Tafel 11 ist diese verschwunden. Der Grad der Erwärmung, der erforderlich ist, um die Kornstreckung und damit die Wirkung des Kaltziehens zu beseitigen, hängt von der Glühdauer sowie vom Material ab. Abb. 53, Tafel 12 zeigt ein Gefüge, bei welchem die Neubildung der Körner eben begonnen hat — kleine ungestreckte und große, gestreckte Körner treten nebeneinander auf. Weiches Flußeisen, welches bei verhältnismäßig niederer Temperatur längere Zeit geglüht worden ist, weist an den Stellen, an denen es Streckung von bestimmter Größe erfahren hatte, nicht selten sehr große Körner auf. Abb. 54, Tafel 12 läßt den Querschnitt durch ein solches Stück erkennen. Derartiges Material pflegt geringere Zähigkeit aufzuweisen. Das grobe Korn wird durch Ausglühen oberhalb der Linie A'A Abb. 44 beseitigt. (Näheres s. bei Chappel, 27, 1916, S. 6ff. Vgl. auch Sauveur, 27, 1912, S. 187.)

Quetschung des Gefüges tritt insbesondere auch an Schnittkanten, Stempelmarken, Stemmfurchen, unter stumpfen Werkzeugen und dgl. ein. Nicht wenige Brüche sind auf solche Ursachen zurückzuführen. Ausglühen beseitigt dann allerdings die Schädigung der Zähigkeit, nicht aber bereits entstandene Anrisse. Als Beispiel diene Abb. 55, Tafel 12 und 56, Tafel 12. Weist das Material ausgeprägte Kristallbildung auf, so reicht schon eine verhältnismäßig geringe Quetschung aus, um im Innern der Kristallkörner Gleitlinien hervorzubringen, die auf dem Querschnitt nach dem Ätzen hervortreten. Als Beispiel diene Abb. 57, Tafel 12. Ähnliche Gefügebilder sind bei Material zu beobachten, das durch häufig wiederholte Beanspruchung zum Bruch gebracht worden ist. Abb. 58, Tafel 12 zeigt als Beispiel ein Stück eines im Kesselblech entstandenen Risses.

β) Ausglühen, Überhitzen, Verbrennen.

Über die Wirkung des Ausglühens auf kaltbearbeitetes Flußeisen s. o. unter α, über die Wirkung auf gehärtetes Material unten unter γ, wo auch das Anlassen behandelt ist.

Ausglühen vermag bei Flußeisen auch etwa vorhandenes grobes Korn zu beseitigen, sei es, daß dieses durch zu hohes Erhitzen (Überhitzen) oder durch langdauernde Erwärmung bei verhältnismäßig niederer Temperatur entstanden war, vgl. das zu Abb. 54 Bemerkte. Die Erzeugung feinen Kornes gelingt jedoch nur, wenn beim Ausglühen die Erwärmung so hoch gesteigert wird, daß γ-Eisen (vgl. Abb. 44) entsteht; sie ist durch die Modifikationsänderung bedingt (Metalle, die solche nicht erfahren, können durch Ausglühen allein nicht feinkörnig gemacht werden; hierzu ist vielmehr mechanische Bearbeitung, die aber auch bei Eisen von Vorteil ist, gefolgt von Ausglühen erforderlich). Wird beim Ausglühen die Temperatur zu hoch gesteigert, so wachsen die Körner rasch, die Korngestaltung zeigt nicht selten das aus Abb. 59, Tafel 13 hervorgehende, kennzeichnende Aussehen, das Material wird

überhitzt; es ist dann wenig zäh. Erfolgt Erwärmung bis zu solcher Höhe, daß in den Kornfugen Oxydation entsteht, so tritt Verbrennen ein. Solches Eisen ist spröde; es kann, da die Oxydhüllen bestehen bleiben, auch wenn die Körner zerfallen, durch Ausglühen nicht wieder hergestellt werden. (Ähnlich wie solche Oxydhüllen wirken manchmal Verunreinigungen des Eisens.) Beispiele für verbranntes Flußeisen zeigen Abb. 60, Tafel 13, 61, Tafel 13. Letztere läßt die Oxydhüllen, die beim Verbrennen entstanden waren, sowie die durch das nachfolgende Ausglühen gebildeten kleinen Körner deutlich erkennen.

Bemerkt sei, daß die zum Verbrennen erforderliche Erwärmung und Erwärmungszeit nicht für jedes Eisen gleich sind. Es gibt Eisenarten, die gegen hohe Erwärmung besonders empfindlich sind (Näheres s. 4, 1918, S. 637).

Überhitztes Flußeisen mit höherem Kohlenstoffgehalt zeigt nicht selten das strahlige, aus Abb. 62, Tafel 13 hervorgehende Aussehen. Ähnliches Gefüge zeigt oft auch Flußeisen, das nach dem Ausglühen verhältnismäßig rasche Abkühlung erfahren hat.[1])

Kaltgezogenes Flußeisen, das bei niederer Temperatur ausgeglüht wurde, zeigt manchmal in Bruchflächen das aus Abb. 63 hervorgehende stengelige Gefüge. Solches Material pflegt in der Querrichtung geringe Zähigkeit zu besitzen. Nicht damit zu verwechseln, aber in der Wirkung ähnlich, sind Bruchbilder wie Abb. 37, oben, die von Schlackenadern herrühren.

Verbrennen wird bekanntlich absichtlich erzeugt bei der Ausführung von Schnitten mit dem Schneidbrenner (autogenes Schneiden). Die Breite, auf welche das Material hierbei notleidet (vgl. Abb. 20), ist je nach der Bauart des Brenners, der Brennerführung usf. verschieden. Die damit verknüpfte Schädigung der Zähigkeit ist für nicht zu dicke Stücke aus Flußeisen mit geringem Kohlenstoffgehalt bei sachgemäßer Arbeit meist gering, doch sind auch Fälle bekannt geworden, in denen Beeinflussung auf erheblichere Tiefe stattgefunden hat. Bei dicken Stücken können beträchtliche Wärmestauungen, selbst Risse entstehen.

γ) Härten, Anlassen, Vergüten.

Erfolgt nach Erwärmen auf Rotglut rasche Abkühlung, so bleibt die Gleichförmigkeit der Verteilung des Kohlenstoffes, die durch die Bildung der festen Lösung (s. S. 229) bedingt ist, bestehen. Abb. 64, Tafel 14 zeigt links nochmals das Gefüge im ausgeglühten Zustand, rechts das Gefüge desselben Materials, nachdem es auf helle Rotglut erwärmt und in kaltem Wasser abgekühlt worden war. Statt der beiden Bestandteile Ferrit und Perlit (Abb. 22, 23) tritt nunmehr ein strahliger Gefügebestandteil, Martensit genannt, auf. Um dieses Bild zu erhalten, muß rasche Abkühlung in dem Gebiet stattfinden, das in Abb. 44 mit „γ-Eisen" bezeichnet ist. Erfolgt Abkühlung im Gebiet A'ADA' (Abb. 44), so tritt neben Martensit freier Ferrit auf, um so mehr, in je niedrigerer Temperatur Abschrecken erfolgte. Als Beispiel sei Abb. 65, Tafel 14 angeführt. In gleicher Weise zeigen Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt bei Abkühlung im Gebiet ZAD Zementit und Martensit im Gefügebild.

Das Material zeigt die größte Härte, die mit ihm erreicht werden kann, wenn sein Gefügebild Martensit ist. Eine allgemein anerkannte Erklärung hierfür besteht bis jetzt nicht. (Stähle mit hohem Kohlenstoffgehalt, die sehr hoch erhitzt und sehr rasch abgekühlt werden, zeigen das Gefügebild des Austenit, das jedoch nur für hoch legierte Sonderstähle große Bedeutung hat — austenitische Stähle sind unmagnetisch, mäßig hart und sehr zäh, widerstandsfähig gegen Abnützung.)

Erfolgt die Abkühlung weniger rasch, z. B. in Öl, so entsteht statt des Martensit ein Gefüge entsprechend Abb. 66, Tafel 14. Es ist gekennzeichnet einerseits durch den Beginn der Abscheidung des Ferrit, andererseits durch die eigenartige Zeichnung. Die Härte der Stücke liegt zwischen der des wassergehärteten und der des ausgeglühten Materials. Bei noch langsamerer Abkühlung entstehen Gefügebilder (und Eigenschaften), die sich denen des perlitischen (ausgeglühten) Flußstahles nähern. Je nach der Gechwindigkeit der Wärmeentziehung und der Temperatur beim Abkühlen lassen sich also eine Reihe verschiedener Gefügebilder erzielen, die zwischen dem Martensit (bzw. Austenit) und dem perlitischen Gefüge liegen.

Dasselbe läßt sich bekanntlich durch verschieden starkes Anlassen gehärteter Stücke erreichen. Im allgemeinen pflegt diese Behandlung ein feineres Korn zu

[1]) Die Entstehung dieses Gefüges hat Verfasser in 3, Heft 83/84, S. 80 beschrieben. Die neuerdings oft zu findende Bezeichnung als „Widmannstättensches Gefüge" entspricht der überhand nehmenden Neigung, Personennamen einzuführen. Das Widmannstättensche Gefüge ist Meteoriten eigen und oft so grob, daß es mit bloßem Auge erkennbar ist. Hier handelt es sich aber um ein mikroskopisch feines Gefüge und um irdisches Flußeisen.

liefern, was auf größere Zähigkeit bei gleicher Härte hindeutet. Es würde also an sich besser sein, die Stücke zunächst in Wasser zu härten und sie dann in entsprechender Weise anzulassen. Andererseits entstehen beim Abkühlen in Wasser leichter Härterisse, so daß es bei schwierig zu härtenden Stücken vorteilhaft sein kann, in Öl oder dergl. abzukühlen, das etwas gröbere Korn in den Kauf zu nehmen und dafür weniger Gefahr zu laufen, daß Härterisse entstehen. Auch ist dieses Vorgehen das einfachere. Ganz allgemein ist im Auge zu behalten, daß Anlassen, d. h. die Anwendung etwas geringerer Härte, in viel mehr Fällen zulässig ist, als angenommen zu werden pflegt. Der Vorteil größerer Zähigkeit, der sich gegebenenfalls auch in geringerer Abnützung äußern kann, sollte nie unterschätzt werden.

Um zu zeigen, daß das Anlassen bis zu ziemlich hohen Temparaturen nur geringe Verminderung der Kugeldruckhärte zur Folge hat, sei Abb. 67 angeführt, die mit einem Maschinenstahl höherer Festigkeit erlangt wurde. Die folgenden Zahlen, die an Probestählen aus Sonderstahl erlangt sind, lassen erkennen, daß die Zug-

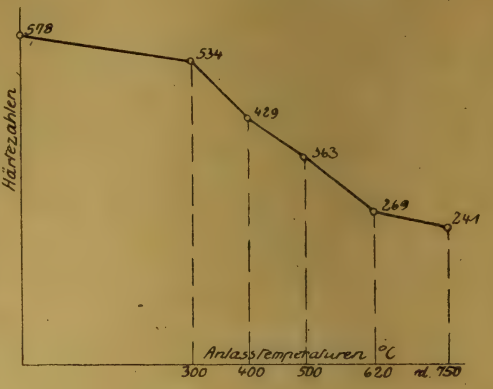


Abb. 67. Einfluß verschieden hohen Anlassens auf die Härtezahl für gehärteten Stahl.

festigkeit bei geringem Anlassen fast unverändert bleibt, während die Bruchdehnung und Querschnittsverminderung schon stark zunehmen.

Ölgehärteter Chromnickelstahl.

angelassen bei °C	—	250	300	350	450	rd. 650
Zugfestigkeit kg/qcm	16 600	15 900	15 000	14 600	12 700	8 200
Bruchdehnung %	1,1	6,0	6,0	5,6	8,0	15,5
Querschnittsverminderung % .	5	51	53	54	55	66

(Näheres s. in dem Buche 2, dem auch die vorstehenden Zahlen entnommen sind.)

Abb. 68, Tafel 14 und 69, Tafel 14 geben Gefügebilder von verschieden stark angelassenem Stahl wieder, welchen die Bezeichnungen Troostit (Abb. 68 beim Ätzen dunkel gefärbte Teile neben dem nadeligen Martensitgefüge) und Sorbit (beim Ätzen dunkel gefärbtes Gefüge ohne Zeichnung) entsprechen. Dasjenige Gefüge des Sorbit, welches gegenüber der Einwirkung von Schwefelsäure die geringste Widerstandsfähigkeit zeigt, wird von manchen nach dem Vorschlag von Heyn „Osmondit" genannt.

Unter Vergüten — Näheres s. in dem Buche 2 und ausführlich in der Schrift 11 — (im engeren Sinn des Wortes) wird eine Behandlung verstanden, bei der die Gleichförmigkeit der Verteilung des Kohlenstoffes, die dem gehärteten Stahl infolge der entstandenen festen Lösung eigentümlich ist, verbunden wird mit der Zähigkeit des ausgeglühten Materials. Dies läßt sich erreichen durch Härten, gefolgt von Anlassen bis unmittelbar unterhalb der durch die Linie DD, Abb. 44, gekennzeichneten Temperatur. (Diese ist je nach der Zusammensetzung des Flußeisens und Stahles etwas verschieden, in wichtigen Fällen sollte sie deshalb zuverlässig bestimmt werden.) Vergüteter Stahl zeigt im Bereich der zulässigen Beanspruchung sehr geringe bleibende Formänderungen bei den Feinmessungen, hochliegende Streckgrenze, erhöhte Zugfestigkeit, verhältnismäßig wenig verminderte Bruchdehnung und große Querschnittsverminderung sowie meist hohe Kerbzähigkeit.

Ferner bewirkt die mit dem Vergüten verbundene Härtung, wenn sie sorgfältig erfolgt, Gleichförmigkeit des Materials im einzelnen Stück sowie in verschiedenen, aus dem gleichen Material hergestellten Stücken, also Gleichmäßigkeit der Erzeugung. Andererseits darf nicht verkannt werden, daß unsachgemäßes Vorgehen beim Vergüten Härterisse, Spannungen und Verziehen zur Folge haben kann.

Vergüten (im weiteren Sinne des Wortes) wird nicht selten jede Wärmebehandlung (Härten in Wasser, Öl, warmem Wasser usf. mit nachfolgendem Anlassen oder ohne solches) genannt, welche die Festigkeit des Materials erhöht (sie im Grenzfall mehr als zu verdoppeln vermag). Diese

Wirkungen der Wärmebehandlung besitzen große Bedeutung, wenn es sich darum handelt, vorhandenen Stücken größere Festigkeit zu verleihen oder bei erforderlicher hoher Beanspruchung gegebenes Material geringerer Festigkeit doch noch verwendbar zu machen. Erhöhung der Festigkeit kann nach dem unter α Gesagten auch durch Kaltbearbeitung hervorg bracht werden; vergütete Stücke besitzen jedoch größere Zähigkeit namentlich in der Querrichtung. Bei richtiger Anwendung des Verfahrens wird nicht selten Flußeisen für Teile brauchbar gemacht werden können, für die heute noch teure, schwieriger zu bearbeitende Sonderstähle (die meist zur Erreichung der vollen Leistungsfähigkeit ebenfalls Vergütung erfordern) verwendet werden. Für Bauteile, die sehr hoch und in wechselnder Richtung beansprucht sind, wird trotzdem das reinere, hochwertige Material zu verwenden sein, weil es bei gleicher Festigkeit infolge der größeren Gleichförmigkeit gegen wechselnde Beanspruchung widerstandsfähiger ist. Ebenso werden legierte Stähle für dicke Stücke nicht völlig entbehrt werden können, weil die Härtung bei ihnen gleichmäßiger in den Kern vordringt (Chrom-, Nickel-, Chromnickel-, Chromvanadium-Manganstahl). Überhaupt ist bei dicken Stücken einerseits der langsamen Abkühlung durch Wahl etwas höherer Erwärmung Rechnung zu tragen, andererseits durch Verwendung einer ausreichend großen Menge der Kühlflüssigkeit dafür zu sorgen, daß sich diese nicht stark erwärmt.

Überhitzung (vgl. S. 238) ist auch für gehärtete Stücke sehr schädlich. Die Härte fällt geringer, die Zähigkeit klein aus. Sehr anschaulich geht dies aus folgenden Versuchen an Kugeln, die in Wasser gehärtet waren[1]) hervor (Stahl von 0,94% Kohlenstoffgehalt):

Abschrecktemperatur °C	ausgeglüht	760	785	820	848	900	950
Eindringwiderstand (Härte) . . .	173	740	732	700	680	675	688
Arbeitsvermögen	—	150	150	70	60	60—50	60

Deutlich tritt die Abnahme der Härtezahl nach Überschreiten der Härtetemperatur 785° C (d. i. 60° C oberhalb des Umwandlungspunktes) und namentlich die Abnahme des als Zähigkeitsmaß zu betrachtenden Arbeitsvermögens hervor.

Ähnliche Ergebnisse liefern Biegungsversuche. So ergeben sich z. B. folgende Werte (nach dem Buche 2, S. 72):
Biegungsfestigkeit nach richtiger Härtung 12 800 kg/qcm, Biegungsfestigkeit nach Überhitzen 1090 kg/qcm.

Wie schon unter β angegeben, können die Folgen des Überhitzens durch Ausglühen beseitigt werden. Der eben angeführte überhitzte Stahl ergab z. B. nach Ausglühen und nochmaligem Härten d. h. nach dem Wiederherstellen eine Biegungsfestigkeit von 12 400 kg/qcm.

Auf dieser Wiederherstellung des Stahles durch sachgemäßes Ausglühen (Temperatur nur wenig oberhalb der Linie A'AZ, Abb. 44) beruht die Wirkung aller im Handel befindlichen Rettemittel für verdorbenen Stahl.[1]) Wirklich verbrannter Stahl — vgl. Abb. 70, Tafel 15 die dem Buch 2 entnommen ist — kann weder durch das Ausglühen, noch durch irgendeine Salbe oder Flüssigkeit völlig wieder hergestellt werden. Daß oberflächliche Entkohlung („Abstehen"; Abhilfe: Einsetzen, s. unter δ), welche beim offenen Glühen leicht eintritt, bei dem Ausglühen überhitzter Stücke vermieden werden muß, liegt auf der Hand.

Von großer Bedeutung für die Herstellung gehärteter Stücke ist die Vermeidung von Härterissen (vgl. Abb. 71. Taf I 15). Solche werden durch scharfe Ecken, Bohrungen, welche geringe Tiefe besitzen, zu rasche oder ungleichförmige Erwärmung und Abkühlung, Vorhandensein von Materialspannungen vor dem Härten, unnötig hohe Erwärmung, unnötig rasche Abkühlung, Materialfehler begünstigt und treten nicht selten längere Zeit nach der Abkühlung ein. (Zahlreiche Beispiele s. in dem Buche 2. Über die günstige Wirkung des Anlassens vgl. S. 240.)

Schleifrisse stellen sich an gehärteten oder eingesetzten Stücken ein, wenn der Anpressungsdruck der Schleifscheibe zu groß gewählt wird, so daß hohe örtliche Erhitzung des Werkstückes erfolgt.

δ) Einsetzen.

Eisen ist im glühenden Zustand befähigt, Kohlenstoff bzw. Eisenkarbid zu lösen (vgl. S. 229), nimmt daher bekanntlich beim Glühen in Lederkohle, in gewissen Gasen usf., sowie bei Bestreuen mit Horn-

[1]) Trotzdem können solche Mittel insofern einen gewissen Wert haben, als sie den Arbeiter, der die oben besprochenen Vorgänge nicht kennt, veranlassen, dem Stahl das erforderliche, sorgfältige Ausglühen zuteil werden zu lassen.

[1]) Moser, Die Beziehungen zwischen dem Eindringwiderstand und dem kritischen Punkte der Eisenkohlenstofflegierungen, Dissertation Stuttgart 1906.

spänen und bestimmten Salzgemischen Kohlenstoff bzw. Eisenkarbid auf. Abb. 72 Tafel 15 zeigt dies anschaulich an der dunkleren Färbung am Rand der Zahnflanken (mehr „Perlit", welcher durch Glühen des Stückes in Kohle entstanden ist). Werden so behandelte Stücke aus weichem Eisen bei entsprechender Temperatur in Wasser oder Öl abgekühlt, so erhalten sie außen eine Schicht, die weit größere Härte besitzt als der viel weniger Kohlenstoff enthaltende Kern. Einsetzen pflegt deshalb vorgenommen zu werden, wenn größere Oberflächenhärte erforderlich ist, wie z. B. bei Zapfen, Muttern, Zähnen von stark der Abnützung unterworfenen Zahnrädern und vielen anderen Maschinenteilen. Dabei wird fast immer angenommen, daß die Erhöhung der Härte und Festigkeit des Materials an der Oberfläche auch eine Erhöhung der Tragfähigkeit des ganzen Stückes zur Folge habe und daß gleichzeitig der weiche Kern, der beim Härten zäh bleibt, größere Widerstandsfähigkeit bei stoßweiser Beanspruchung (Zähigkeit) bewirke. Diese Annahme trifft jedoch durchaus nicht allgemein zu. Im Gegenteil bewirkt die geringere Dehnungsfähigkeit der harten Oberflächenschicht, daß nach verhältnismäßig geringer Formänderung in der letzteren Anrisse entstehen, die sich durch das ganze Stück fortpflanzen und zwar, da sie sehr scharfe Einschnitte (Kerben) darstellen, unter ganz geringer Formänderung. Erst, wenn die Dicke der Einsatzschicht erheblich ist, erreicht die Widerstandsfähigkeit größere Werte. Dies ist besonders deshalb von Bedeutung, weil beim Fertigschleifen die Einsatzschicht dünner wird. (Näheres s. in 1, 2 und 12.)

Beim Härten eingesetzter Stücke wird in sehr vielen Fällen das Abschrecken unmittelbar nach dem Einsetzen vorgenommen. Da das letztere bei hoher Temperatur (z. B. 850° C) erfolgt und meist mehrere Stunden währt, so bildet sich grobes Korn und die fertigen Stücke sind infolgedessen spröde. Um diesen Fehler zu vermeiden oder zu beseitigen, ist es erforderlich, die Stücke nach dem Einsetzen zunächst langsam erkalten zu lassen; sie sodann zur Herbeiführung feinen Kornes kurze Zeit zu glühen und hierauf erst zur Härtung zu schreiten. Auch bei eingesetzten Stücken empfiehlt sich das Anlassen zur Vermehrung der Zähigkeit, sofern es, was meist der Fall sein wird, im Hinblick auf die damit verknüpfte geringe Verminderung der Härte irgend zulässig ist (vgl. Abb. 67).

Erfolgte die Zuführung des Kohlenstoffes sehr rasch (bei hoher Temperatur, infolge Anwendung sehr wirksamer Kohlungsmittel), so bildet sich am Außenrande eine Lage von Zementit, die fast unmittelbar an das Gefüge des Kernes anschließt. Solche Stücke sind spröder, als wenn der Übergang allmählicher stattfindet. Letzteres kann nachträglich durch geeignetes Ausglühen herbeigeführt werden.

Bemerkt sei noch, daß alle einzusetzenden Stücke frei von Glühzunder sein müssen. Ist solcher vorhanden, so kann sogar Entkohlen eintreten, weil der Glühspan beim Glühen den im Stück enthaltenen Kohlenstoff am Rande zum Teil entfernt.

ε) Schweißen.

Schweißungen werden neuerdings auf verschiedene Arten hergestellt.

Bei dem einen, ältesten Verfahren (Feuerschweißung) werden die zu verbindenden Stücke im Schmiedfeuer, durch Koksfeuer oder geeignete Gasfeuer (Wassergas) bis zur hellen Weißglut erwärmt, bei der das Eisen teigig wird, sodann aufeinander gelegt und durch Hammerschläge oder Pressen, vereinigt. Die so entstehende Schweißnaht fällt um so vollkommener aus, je reiner von Schlackenstoffen die Fuge geblieben ist — vgl. z. B. Abb. 73, Tafel 15 die ziemlich viele dunkelgraue Schlackenteile in der wagrechten Schweißfuge zeigt; ganz sind solche wohl nie zu vermeiden — und je weniger der unbedingt erforderliche Wärmegrad überschritten wurde. Die Herstellung guter Schweißnähte kann nur bei Innehaltung eines ziemlich engen, für jedes Eisen etwas verschiedenen Wärmebereiches erfolgen. Zur Ausführung der Feuerschweißung sind daher besonders zuverlässige, erfahrene Schmiede erforderlich, welche die richtige Erwärmung durch das Auge zu beurteilen vermögen. Dies ist um so notwendiger, als nach dem Fertigstellen der Stücke infolge des Überschmiedens nachträglich nur selten noch eine zuverlässige Beurteilung der Güte der Arbeit möglich ist.

Die hohe erforderliche Erwärmung der Stücke bringt es mit sich, daß das Material verhältnismäßig leicht überhitzt oder verbrannt wird. Während die Überhitzung durch nachfolgendes sachgemäßes Ausglühen beseitigt werden kann, welches deshalb bei wichtigeren Stücken stets vorgenommen werden sollte, auch weil es etwa vorhandene innere Spannungen zum Ausgleich gelangen läßt, können die die Zähigkeit bedeutend vermindernden Folgen des Verbrennens nicht mehr beseitigt werden. Als Beispiel für beim Schweißen verbranntes Material sei Abb. 74, Tafel 15 (Risse rechts und links von der Schweißnaht)

angeführt. In der Regel sind die einander berührenden Ränder der verbundenen Stücke auf geringe Tiefe entkohlt — heller Streifen daselbst in Abb. 74 —; doch findet auch das Gegenteil statt, wofür Abb. 75, Tafel 16 als Beispiel diene — Dunkelfärbung bei a, a infolge Zunahme des „Perlit" Gehaltes.

Die Festigkeit der Feuerschweißungen schwankt innerhalb sehr weiter Grenzen. Überlappt (vgl. Abb. 74) geschweißte Nähte erreichen bei guter Ausführung die Zugfestigkeit des vollen Materials, wobei jedoch zu beachten ist, daß die Schweißstelle nicht selten eine Verdickung aufweist; weniger als ¾ der Materialfestigkeit sollte jedoch die Zugfestigkeit geschweißter Stäbe nicht betragen. Die Größe der Bruchdehnung hängt in hohem Maße von der Dicke der Schweißstelle ab. (Näheres s. 2; 4 **1920**, S. 136; Zwiauer in 4, 1912, S. 877 ff.)

Stumpfe Schweißungen (Abb. 75, 76, Tafel 16) sollten nach Möglichkeit bei stark beanspruchten Stücken vermieden werden.

In neuerer Zeit findet die zum Schweißen erforderliche Erwärmung manchmal auch durch den elektrischen Strom statt. Abb. 76 zeigt eine solche Schweißstelle an Federstahl. Sollen derartige Stücke, auch wenn Verbrennen nicht stattgefunden hat, nach der Härtung gute Eigenschaften haben, so muß das bei der Schweissung entstandene grobe Korn vor der Härtung durch Ausglühen beseitigt werden.

Unter autogenen Schweißungen sollen im folgenden Verbindungen verstanden werden, welche mit Hilfe des Wasserstoff-Sauerstoffbrenners, des Azetylen-Sauerstoffbrenners und anderer Brenner, oder unter Verwendung des elektrischen Stromes hergestellt sind. Im Gegensatz zu den Feuerschweißungen, bei denen Erwärmen bis zum Teigigwerden stattfindet, erfolgt hier Zusammenschmelzen. Bei dünnen Blechen werden die nebeneinander gelegten Kanten zum Zusammenfließen gebracht (daher kommt der an sich völlig unzutreffende Name „autogene" Schweissung — autogen = selbsterzeugt —; auch die Bezeichnung „Schweißung" ist unzutreffend, weil Schmelzen stattfindet)[1]). Bei stärkeren Stücken muß Zusatzmaterial (in Drahtform) mit eingeschmolzen werden.

Abb. 77, Tafel 16, 78, Tafel 16 und 79, Tafel 16 zeigen Querschnitte durch geschweißte Kesselbleche von Schweißungen verschiedener Güte. Abb. 77 bildet ein Beispiel dafür, daß es bei sorgfältigem Arbeiten gelingt, sehr gute Verbindungen herzustellen. Meist finden sich aber an den Rändern des Ausfüllmaterials Schlackenteile, das Innere ist oft blasig und verbrannt. Solche Schweißungen sind minderwertig, manchmal sogar nicht einmal wasser- oder gasdicht — vgl. Abb. 79.

Die einfachste mechanische Prüfung der Schweißverbindung bildet die Biegeprobe. Gut geschweißte Stäbe sollen sich flach zusammenbiegen lassen. Die ebenfalls vorgeschlagene Verdrehungsprobe hat den Nachteil, daß die Schweißstellen, wenn sie verdickt sind, was meist der Fall ist, an der Formänderung nur wenig teilnehmen, also auch wenig beansprucht sind, Abarbeiten auf die Blechdicke erscheint jedoch nicht zulässig, wenn nicht dasselbe bei den Gebrauchsstücken erfolgen soll. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Zugversuch. Beim Biegungsversuch jedoch kann die Formänderung an der Schweißstelle erzwungen werden.

Bemerkenswert erscheint, daß mangelhafte Beschaffenheit von Schweißungen manchmal erst bei Prüfung in höherer Temperatur (z. B. bei 200° C) festzustellen ist.

Bei Zugbeanspruchung brechen gut geschweißte Stäbe außerhalb der Verbindungsstelle. Die Bruchdehnung fällt jedoch infolge der Verdickung meist geringer aus als die von Stäben aus dem vollen Blech. Bei der Beurteilung der Ergebnisse solcher Zugversuche muß im Auge behalten werden, daß mit dem Schweißen Ausglühen der benachbarten Stabteile verknüpft ist. War die Dehnung des Materials infolge vorausgegangener Kaltbearbeitung (Walzen, Biegung, Schneiden mit der Schere, Richten usf.) vermindert, so kann sie deshalb durch das Schweißen scheinbar vergrößert werden — in Wirklichkeit ist die Zunahme der Dehnung dann eine Folge des Ausglühens.

Die Güte autogener Schweißungen hängt wie die der Feuerschweißungen von der Zuverlässigkeit des Schweißers ab. Wirklich gute Verbindungen sind selten. Dazu kommt, daß zur Ausführung schwieriger Arbeiten, wie sie insbesondere Ausbesserungen darstellen, Erfahrungen über die Folgen der Wärmeausdehnungen und die dadurch hervorgebrachten oft sehr bedeutenden Spannungen gehören. Solche Arbeiten sollten nur zuverlässig arbeitenden Firmen übertragen werden.

Zur Beseitigung der bezeichneten Spannungen sowie des beim Schweißen entstandenen groben Kornes sind die Stücke sorgfältig auszuglühen, sofern es sich um wichtigere Verbindungen handelt.

[1]) Der Fehler dürfte daher rühren, daß die Bezeichnung *soudure autogène* übersetzt wurde. *Soudure* bezeichnet aber auch Lötung.

(Ausgedehntes Versuchsmaterial über die Ergebnisse der Untersuchung zahlreicher Schweißungen von Kesselblechen findet sich in 3, Heft 83, 84.)

Autogenes Schneiden (vgl. das S. 239 Gesagte).

Härte.

Allgemeine Angaben können nicht gemacht werden, weil das Flußeisen je nach seiner Zusammensetzung sehr verschieden hart ist, auch die Behandlung weitgehenden Einfluß äußert. Ferner ist im Auge zu behalten, daß das Flußeisen aus Bestandteilen verschiedener Härte aufgebaut ist.

Hinsichtlich der Härteproben vgl. das S. 214 Bemerkte.

Besonders weiches Sonderflußeisen zeigt Werte der Kugeldruckhärte herunter bis etwa 60, gehärteter Werkzeugstahl solche bis über 850.

Widerstand gegen Druck vgl. S. 210.

Preßwiderstand vgl. S. 234.

Widerstand gegen Zug vgl. S. 201.

Widerstand gegen Biegung.

Die Dehnungszahl ist dieselbe wie bei Zugbeanspruchung. Die auftretenden Beanspruchungen können im Gebiet der zulässigen Beanspruchungen, da die Dehnungen den Spannungen zunächst mit Annäherung proportional sind, unter Verwendung der üblichen Gleichungen berechnet werden. Nach Erreichen und Überschreiten der Streckgrenze gestalten sich jedoch die Verhältnisse ganz anders. An den außen liegenden Fasern treten große bleibende Dehnungen auf, ohne daß die Spannung erheblich steigt (vgl. den Verlauf der Dehnungslinien für Zug, Abb. 49), das nach innen gelegene Material wird daher zur Kraftübertragung stärker herangezogen. Würden die üblichen Gleichungen angewendet (bei deren Ableitung vorausgesetzt wird, daß nur federnde Dehnungen eintreten), so ergäben sich viel zu große Spannungen. Aus Biegungsversuchen mit zähen Stoffen kann daher kein Schluß auf die (Zug-) Festigkeit gezogen werden. Auch bei gehärtetem Stahl treten größere bleibende Formänderungen auf als angenommen zu werden pflegt. Biegungsversuche geben daher bei Verwendung der üblichen Gleichungen auch hier viel höhere Festigkeitswerte als Zugversuche (etwa das Doppelte). Dagegen gewähren nach S. 211 Biegungsversuche wertvollen Aufschluß über die Zähigkeit.

Widerstand gegen Schub und Drill.

Wie S. 213 dargelegt, kann reine Schubbeanspruchung durch Querkräfte nicht erzielt werden.

a) Versuche nach Abb. 37 S. 213 pflegen zu ergeben

$S : f = 0{,}75\ K_z$ bis $0{,}8\ K_z$.

b) Scherversuche mit Schneiden von 85° Schneidewinkel ergeben für rechteckige Stäbe vom Querschnitt f qcm nach dem Bericht in 4, 1906, S. 1757ff für die Bruchlast

$$P_{max} = K_z\ (0{,}15 + 0{,}63\ f)\ \text{kg}.$$

Drehungsversuche ergeben als Schubzahl der Federung im Durchschnitt $\beta = 1 : 850\,000 = 1{,}2$ Milliontel. Die üblichen Gleichungen erscheinen aus den unter „Widerstand gegen Biegung" oben angegebenen Gründen nur bis zum Eintritt der Fließgrenze anwendbar. Diese liegt bei 0,6—0,8 der Streckgrenze des Zugversuchs.

Auch die Verdrehungsversuche ergeben wertvolle Aufschlüsse über die Zähigkeit des Flußeisens. Doch ist bei Beurteilung der Ergebnisse im Auge zu behalten, daß verstärkte Teile des Probestabes an der Formänderung weniger teilnehmen, verletzte Stellen leicht vorzeitig zum Bruch führen.

Farbe, Helligkeit, Glanz.

Farbe: im polierten Zustand silberweiß; bei Erwärmen an der Luft stellen sich die bekannten Anlauffarben ein, wobei nicht nur die Höhe der Temperatur, sondern auch die Erwärmungszeit eine Rolle spielt. Nach Durchlaufen der Farben gelb, rot, blau stellt sich ein helles Grau ein; bei weiterem Erwärmen sind nicht selten die Anlauffarben nochmals (getrübt) zu beobachten. Im allgemeinen kann angenommen werden, daß hellgelbe Anlauffarbe bei Erwärmen an der Luft erstmals bei etwa 250 bis 300° C, blaue Farbe bei etwa 400° C sich einstellt. Doch übt auch die Zusammensetzung Einfluß. Erfolgt das Erwärmen in Bädern, so kann zur Erzielung einer bestimmten Anlauffarbe geringere (z. B. bei geschmolzenem Salpeter) oder auch höhere Erwärmung nötig werden. Die Eintauchzeit spielt auch hier eine große Rolle.

Literatur:

1. C. Bach, Elastizität u. Festigkeit, 7. Aufl. Berlin 1917.
2. C. Bach u. R. Baumann, Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien, Berlin 1915.
3. Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgeg. vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin.
4. Zeitschr. des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
5. Ludwik, Elemente der technologischen Mechanik, Berlin 1909.
6. Wöhler, Über die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl, Berlin 1870. (Weitere Arbeiten Bauschinger (7), Spangenberg u. Martens (8), Preuß (13, 1907, S. 100),

R. Baumann (4, 1914, S. 665ff.), Rudeloff (20, 1916, Heft VII), Stanton (4, 1910, S. 864).
7. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Hochschule München, München.
8. Mitteilungen aus den technischen Versuchsanstalten Berlin-Lichterfelde W.
9. Stahl und Eisen, Düsseldorf.
10. R. Baumann, Die Festigkeitseigenschaften der Metalle in Wärme und Kälte, Stuttgart 1907.
11. Derselbe, Über das Vergüten von Eisen und Stahl, Stuttgart 1917.
12. Derselbe, Versuche mit Einsatzmaterial Jahrb. d. Schiffbautechnischen Gesellschaft, Berlin 1915, S. 156ff..
13. Dingl. polyt. Journ., Berlin.
14. Baumaterialienkunde, Freiburg.
15. Berichte des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, Berlin.
16. Berichte des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, Wien.
17. Ludwik, Die Kegeldruckprobe, Berlin 1908.
18. R. Baumann, Die Deutschen Material- und Bauvorschriften für Land- u. Schiffsdampfkessel, Berlin 1912.
19. Metallographist, Boston.
20. Mitteilungen des Vereines zur Förderung des Gewerbefleißes, Berlin.
21. Gürtler, Metallographie, Berlin.
22. Shore, An Instrument for testing hardness, American Machinist 1907, S. 747, Fréminville, Revue de Métallurgie 1908. S. 329.
23. Hartmann, Déformation, Paris 1896.
24. Lehrbücher über Metallographie: Goerens, Gürtler, Hanemann, Heyn u. Bauer, Ruer, Tammann.
25. Zeitschr. für Werkzeugmaschinen und Werkzeuge, Berlin.
26. Revue de Métallurgie, Paris.
27. Ferrum, Halle a. S.
28. Martens, Materialienkunde I, Berlin. Wawrziniok, Die Materialprüfungsmaschinen, Berlin. Memmler, Das Materialprüfungswesen, Leipzig.

R. Baumann.

III. Gußeisen und Gußstahl.

Allgemeines, Unterscheidung von Gußeisen und Gußstahl. Liefervorschriften. Unter Gußeisen wird das durch Gießen in Formen zu Gebrauchsgegenständen verarbeitete Roheisen verstanden, dessen Kohlenstoffgehalt mindestens 2% beträgt. Es ist nicht schmiedbar, spröde und geht beim Erhitzen plötzlich aus dem festen in den flüssigen Zustand über. Während die Kenntnis der Eisengießerei auf die zweite Hälfte des 14. Jahrhunderts zurückgeht, ist die Stahlschmelzerei erst seit Ende des 18. Jahrhunderts bekannt. Den im geschmolzenen Zustande gewonnenen Stahl nannte man Gußstahl. Sein Kohlenstoffgehalt liegt unter 2%, er ist schmelzbar und bei gewöhnlicher Temperatur weniger spröde als Gußeisen. Beim Erhitzen erweicht er, allmählich in den flüssigen Zustand übergehend. Im Laufe des 19. Jahrhunderts wurden mehrere Verfahren zur Darstellung des flüssigen Stahles erfunden und es gelangte allgemein die Bezeichnung Flußeisen für dieses Erzeugnis zur Anwendung. Wird Flußstahl zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen in Formen gegossen, so wird das gewonnene Werkstück als Stahlguß bezeichnet. Erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts wird dieses Verfahren angewendet, während früher der Flußstahl lediglich in Blockformen gegossen und dann durch Schmieden und Walzen weiter verarbeitet wurde. Im Gegensatz zu diesem Verfahren nennt man die aus Stahl gegossenen Gegenstände auch Stahlformguß. Mit Stahlguß bzw. Stahlformguß pflegt man in Deutschland alle aus schmiedbarem Eisen hergestellten Gußwaren zu bezeichnen, auch wenn der Rohstoff nach seiner chemischen Zusammensetzung und seinen mechanischen Eigenschaften nicht als Stahl im engeren Sinne anzusprechen ist. Mit Gußstahl im engeren Sinne wird bisweilen das durch Schmelzen von Stahl in Tiegeln gewonnene Erzeugnis bezeichnet, für das indessen der Name Tiegelstahlguß treffender sein dürfte. Jedenfalls paßt der Ausdruck Gußstahl für alle im flüssigen Zustande gewonnenen Stahlsorten.

Durch Tempern oder Glühfrischen, d. h. längeres Glühen in sauerstoffhaltigem Pulver, meist Roteisenstein (Fe_2O_3), gelingt es, dünnwandigen Gußstücken aus weißem Roheisen von geringerem Gewicht einen Teil des Kohlenstoffs zu entziehen und sie schmiedbar zu machen. Die so gewonnenen Werkstücke werden als Temperguß bezeichnet. Das Verfahren erweist sich bei der Massenherstellung kleiner, dünnwandiger Gußstücke deshalb als vorteilhaft, weil Roheisen leichter gießbar ist als schmiedbares Eisen.

Mit Hartguß benennt man ein Verfahren, das im Gießen dickwandiger Gußstücke in gußeiserne Formen, sog. Schalen oder Kokillen besteht. Durch die Kokillen wird dem flüssigen Gußstück die Wärme außen rasch entzogen. Dadurch erstarrt es bei mäßigem Siliziumgehalt mit weißstrahligem Bruch an der Oberfläche, die dadurch sehr hart wird, während der langsamer abgekühlte Kern grau und weicher bleibt.

Der Mitisguß (mitis = weich), 1885 vom Schweden Nordenfelt in London eingeführt, wird gewonnen, indem man Abfälle von weichem kohlenstoffarmen

Schmiedeeisen mit etwas Aluminiumeisen zusammen in Tiegeln einschmilzt und in Formen gießt. Wegen des hohen Schmelzpunktes werden die Tiegel in besonders konstruierten Schmelzöfen erhitzt, die mit Petroleumrückständen geheizt werden. Der Mitisguß ist sehr weich, zähe und leicht zu bearbeiten. Mit der Ausbreitung des Stahlgusses aus Tiegel- und Martinofen und Kleinkonverter hat das Verfahren seine Bedeutung fast ganz verloren. Die vorzüglichen Eigenschaften des Stahlgusses haben dazu geführt, daß in neuerer Zeit eine Reihe ähnlich lautender Bezeichnungen aufgetaucht ist für Gußerzeugnisse, die aber mit Stahlguß kaum oder nicht in Wettbewerb treten können. So ist z. B. „Halbstahl" eine von Amerika herübergekommene Bezeichnung für einen Guß, der aus dem Schmelzofen mit Roheisen und 50% und mehr Zusatz von Stahlabfällen gewonnen wird, durchaus irreführend. Das Erzeugnis ist ein Gußeisen, das sehr häufig, namentlich bei Zusatz von minderwertigem Roheisen und Gußbrucheisen von sehr geringer Beschaffenheit ist. Auch Bezeichnungen wie Temperstahl und Temperstahlguß sind irreführend. Es sind Erzeugnisse des Gießereischachtofens aus Stahlschrott, die nachher getempert und meist gegenüber dem gewöhnlichen Temperguß minderwertig sind.

Unter Sonderstahlguß (Spezialstahlguß) sind alle hochwertigen Abarten zu verstehen, die in Beziehung auf Festigkeit, Dehnung und Härte ganz besonders hohen Anforderungen genügen müssen, was durch Zusätze von Chrom, Nickel, Wolfram, Mangan u. a. erreicht wird. Nach den entsprechenden Zusätzen wird die Stahlgußart benannt. Will man den gewöhnlichen Stahlguß noch näher kennzeichnen, so sollte man die Art des Schmelzofens als Kennwort hinzufügen, wie z. B. Tiegel-, Siemens-, Martin-, Bessemerstahlguß usw., während das Verfahren, Erfinder- oder Werknamen zur Kennzeichnung von Stahlgußsorten anzuwenden, wie z. B. Boßhardt-, Flexilis-, Phönix-, Haberland- usw.-Stahlguß nicht als geeignet anzusehen ist, da es für die Stahlsorte an sich gar nichts besagt. Bei diesen Erzeugnissen handelt es sich meist um Stahlguß oder weicheren Flußeisenguß.

Jeder Stahlguß, im üblichen Formverfahren aus dem Siemens-Martin-Ofen, Kleinkonverter- und Elektroofen in einer Festigkeit von etwa 40—60 kg und etwa 25 v. H. Dehnung aus entsprechenden Rohstoffen erzeugt, wird in der Regel als gewöhnlicher Stahlguß bezeichnet.

Anforderungen: Die Anforderungen, die an das gießbare Eisen gestellt werden, sind abhängig von dem jeweiligen Verwendungszweck, dem das Gußstück zu dienen hat. Anerkannte Lieferungsvorschriften für gießbares Eisen bestehen nur in einzelnen Ländern. Zur Prüfung des Gußeisens werden in den deutschen und amerikanischen Lieferungsvorschriften Biegeversuche an Rundstäben verlangt, während Zerreißversuche an Gußeisenstäben in Deutschland meist nicht gefordert werden. Selbstverständlich wird überall eine saubere Oberfläche der Gußstücke, sowie Freiheit von Rissen und Lunkerstellen vorgeschrieben.

Lieferungsvorschriften: A. Auszug aus den Lieferungsvorschriften für Gußeisen vom Jahre 1909, aufgestellt vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik und vom Verein Deutscher Eisengießereien, genehmigt vom Preußischen Ministerium für Handel und Gewerbe[1]).

Diese Vorschriften gelten für folgende aus Gußeisen dargestellte Gußwaren:

A. Maschinenguß,
B. Bau- und Säulenguß,
C. Rohrguß.

Die Abnahme anderweitiger Gußwaren bleibt besonderer Vereinbarung vorbehalten.

Allgemeine Vorschriften: Umfang der Prüfungen. Diese erstrecken sich bei Gußwaren auf:

a) Form und Abmessungen der Gußstücke,
b) Eigenschaften des Materials der Gußstücke.

Maßgebend sind: Biegefestigkeit und Durchbiegung des verwendeten Gußeisens, sowie der Widerstand gegen inneren Druck.

Biegefestigkeit und Durchbiegung sind mittels besonders sorgfältig hergestellter Probestäbe zu ermitteln. Sollen die Probestäbe an die Gußstücke angegossen werden, so sind besondere Vereinbarungen zu treffen. Die Probestäbe sollen bei kreisrundem Querschnitt 36 mm Durchmesser 650 mm Gußlänge haben und bei 600 mm Auflagerentfernung der Untersuchung unterworfen werden. Die Probestäbe sind in getrockneten, möglichst ungeteilten Formen stehend bei steigendem Guß und bei mittleren Gießtemperaturen des Gußeisens aus demselben Abstiche, welcher zur Anfertigung der Gußstücke Verwendung fand, herzustellen und bis zum Erkalten in den Formen zu belassen. Müssen die Probestäbe aus irgendeinem Grunde in geteilten Formen zum Abguß kommen, so ist der Probestab bei der Prüfung derart auf die Probiermaschine zu legen, daß der Druck senkrecht zur Ebene der

Gußnat erfolgt. Die Probestäbe werden in unbearbeitetem Zustande, also mit Gußhaut, der Probe unterworfen.

Biegefestigkeit und Durchbiegung bis zum Bruche sind bei allmählich zunehmender Belastung in der Mitte der Probestäbe an drei Stäben festzustellen. Mit Gußfehlern behaftete Probestäbe bleiben bei dieser Feststellung außer Betracht. Als maßgebende Ziffer gilt das Mittel der Ergebnisse fehlerfreier Probestäbe.

Besondere Vorschriften: A. Maschinenguß. Die Gußstücke sollen nach Formen und Abmessungen der Aufgabe entsprechen; der Guß soll glatt und sauber, frei von Höhlungen und Sprüngen sein. Das Eisen soll sich mittels Feile und Meißel bearbeiten lassen, soweit es die Verwendungsart des Gußstücks bedingt.

1. Maschinenguß, gewöhnlicher. Es soll betragen: Die Biegefestigkeit des Probestabes $K_b = 28$ kg/qmm bei einer Bruchbelastung $P =$ etwa 495 kg. Die Durchbiegung $f > 7$ mm.

2. Maschinenguß von hoher Festigkeit. Es soll betragen $K_b = 34$ kg/qmm bei $P =$ etwa 600 kg. $f > 10$ mm.

B. Bau- und Säulenguß. Die Gußstücke müssen, wenn nicht Hartguß oder andere Gußeisenarten ausdrücklich vorgeschrieben sind, aus grauem weichen Eisen sauber und fehlerfrei gegossen und einer langsamen den Formverhältnissen entsprechenden Abkühlung zur möglichsten Vermeidung von Spannungen unterworfen sein. Das Gußeisen soll zähe und so weich sein, daß es mittels Feile und Meißel zu bearbeiten ist.

Biegefestigkeit des Gußeisens. Es soll betragen: $K_b = 26$ kg/qmm bei $P =$ etwa 460 kg. $f > 6$ mm.

Der Unterschied der Wanddicken eines Querschnitts, der überall mindestens den vorgeschriebenen Flächeninhalt haben muß, darf bei Säulen bis zu 400 mm mittleren Durchmessers und 4 m Länge die Größe von 5 mm nicht überschreiten. Bei Säulen größerer Länge wird der zulässige Unterschied für je 100 mm mehr Durchmesser und für je 1 m Mehrlänge um ½ mm erhöht.

Die Einhaltung der vorgeschriebenen Wandstärke ist durch Anbohren an geeigneten Stellen, jedesmal an zwei gegenüberliegenden Punkten, bei liegend gegossenen Säulen in der dem etwaigen Durchsacken der Kerne entsprechenden Richtung nachzuweisen.

Sollen Säulen aufrecht gegossen werden, so ist das besonders anzugeben.

C. Rohrguß. § 1. Art der Rohre. Diese Lieferungsvorschriften sollen Geltung haben für:

a) Muffenrohre,
b) Flanschenrohre,
c) die zu diesen Rohren gehörenden Formstücke.

Die Rohre sollen gerade und im inneren und äußeren Durchmesser kreisrund sein.

Formen und Abmessungen haben sich zu richten nach den Rohrnormalien vom Jahre 1882 des Vereins Deutscher Gas- und Wasserfachmänner und des Vereins Deutscher Ingenieure, sofern nicht Sondervorschriften bestehen oder erlassen werden.

§ 2. Abweichungen vom Durchmesser der Rohre. Die äußeren Abmessungen sämtlicher Rohre sowie die inneren Abmessungen der Muffen sind unabänderlich.

§ 3. Abweichungen in der Wandstärke. Abweichungen von den in den Normaltabellen vorgeschriebenen Wandstärken sind zulässig:

bei geraden Röhren von	25—100 mm	lichte Weite	± 15%
„ „ „ „	125—225 „	„ „	± 12%
„ „ „ „	250—475 „	„ „	± 11%
„ „ „ „	500 mm l. W. u. darüber		± 10%

Für normale Formstücke ist die doppelte Abweichung zulässig wie für gerade Rohre.

Für Leitungen, deren Material zerstörenden Einflüssen ausgesetzt wird, ist die Wandstärke gegenüber der normalen entsprechend zu erhöhen.

§ 4. Abweichungen in der Länge. In den Baulängen bis zu ±20 mm gestattet. Kürzere Rohre dürfen bis zu 5% der Gesamtmenge mitgeliefert werden. Die Minderlänge darf bis zu 1 m weniger betragen wie die Normallänge der Tabelle des Vereins Deutscher Ingenieure und Wasserfachmänner vom Jahre 1882.

§ 5. Gewichtsabweichungen. Bei der Berechnung der Rohrgewichte nach den Normalabmessungen ist das spezifische Gewicht mit 7,25 angenommen. Das auf diese Weise berechnete und um 15% für normale Formstücke und um 20% für normale Krümmer erhöhte Gewicht ist das normale Gewicht. Die Abweichung vom Normalgewicht darf betragen: bei geraden Rohren nicht mehr als ±5%; bei Formstücken nicht mehr als ±10%; bei Doppelabzweigen und schwierigen Formstücken nicht mehr als ±15%. Ausgenommen hiervon sind Abzweigstücke von über 400 mm Durchmesser, die größere Wandstärke und unter Umständen

Verstärkungen durch Rippen erhalten. Diese Verstärkungen sind in den Gewichtsverzeichnissen nicht berücksichtigt, und vom Besteller nach besonderer Vereinbarung zu zahlen.

§ 6. Bezeichnung. Auf der Außenwand der Rohre und Formstücke soll die Fabrikmarke und der innere Durchmesser aufgenommen sein.

§ 7. Material. Das zu den gußeisernen Rohren und Formstücken verwendete Gußeisen soll im Bruch dicht, von grauer Farbe und so weich sein, daß es sich mittels Feile und Meißel bearbeiten läßt.

§ 8. Festigkeit des Gußeisens. Das zu prüfende Gußeisen wird an Probestäben von 30 mm Durchmesser bei 600 mm Auflageentfernung der Untersuchung unterworfen.

Es sollen nachstehende Mindestwerte erreicht werden bei: a) Muffenrohren $K_b = 26$ kg/qmm; $f = 6$ mm; b) Flanschenrohren aus gewöhnlichem Gußeisen: $K_b = 26$ kg/qmm; $f = 6$ mm; c) Flanschenrohren aus Gußeisen mit höherer Festigkeit: $K_b = 34$ kg/qmm; $f = 10$ mm.

§ 9. Fabrikation. Die geraden Rohre normaler Baulänge sollen stehend in gut getrockneten Formen gegossen werden. Kleine Dimensionen bis zu 40 mm können auch schräg gegossen werden.

§ 10. Qualität der Gußstücke. Die Rohre und Formstücke sollen fehlerfrei, glatt an den Seitenflächen, ohne Schalen und Risse sein. Rohre und Formstücke mit kleineren Mängeln, welche durch die Natur des Gießverfahrens unvermeidlich sind und die Brauchbarkeit des betreffenden Gußstückes in keiner Weise in Frage stellen, dürfen nicht zurückgenommen werden.

Gußstücke mit Fehlern, welche die Festigkeit des Rohrs nachteilig beeinflussen, sind von der Lieferung auszuschließen.

§ 11. Betr. Reinigung und Bearbeitung der Oberflächen der Gußrohre.

§ 12. Probieren der Rohre. Der Betriebsdruck ist für die Probepressung in erster Linie maßgebend. Der Probedruck muß den Betriebsdruck um 10kg/qcm übersteigen. Deutsche Normalrohre sind auf 20 kg/qcm Wasserdruck zu probieren. Während der Druckprobe, die ½—1 Minute nicht übersteigen soll, werden die Rohre mit einem schmiedeeisernen Hammer mit abgerundeten Bahnen von 1 kg Gewicht und normaler Stiellänge mit mäßiger Kraft abgehämmert. Die Druckprobe erfolgt gleich nach der Fabrikation.

§ 13 betr. Asphaltierung.

§ 14 betr. Abnahme.

Die vorstehenden Lieferungsvorschriften sind zum Teil auch in die „Normalbedingungen" für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgestellt von dem Verbande Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, dem Verein Deutscher Ingenieure und dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute unter Mitwirkung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik und des Verbandes Deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken aufgenommen. Die auf Gußeisen und Stahlformguß bezüglichen Vorschriften dieser „Normalbedingungen" lauten:[2])

Stahlformguß. Aus Flußstahl herzustellende gegossene Teile dürfen keine Blasen oder Poren haben, die die Verwendbarkeit des Stückes beeinträchtigen. Die Stücke müssen, nachdem sie mindestens aus dem Groben geputzt sind, vor der Probeentnahme gut ausgeglüht sein. Die Probestücke sind an die Gußstücke, möglichst gleichmäßig auf die verschiedenen Modelle verteilt, anzugießen, mit diesen zusammen auszuglühen und dürfen erst nach der Abstempelung abgetrennt werden. Die Zerreißproben sollen eine Festigkeit von $K_z = 45$—60 kg/qmm bei einer Dehnung von mindestens 10% ergeben.

Gußeisen wie vorst.

B) Auszug aus den Lieferungsvorschriften der Preußisch-Hessischen Staatsbahnverwaltung für Eisenguß, Stahlgußbremsklötze und Achslagerkasten vom Jahre 1910.[2])

Eisenguß und das Material gußeiserner Achslagerkasten soll eine Zerreißfestigkeit von $K_z \geqq 12$ kg/qmm haben. Diese Bestimmung gilt nicht für Eisenguß für Dampfzylinder, Schieber, Zylinder für Kolbenringe, sowie für Herdguß, schmiedbaren Guß und Stahlguß.

Zylinderguß: $K_z = 18$—24 kg/qmm. Probestäbe, Mindestlänge 350 mm, sind anzugießen.

Schieber und Zylinder für Kolbenringe: $K_z = 12$—16 bzw. 12—14 kg/qmm. Material so zähe, daß sich die fertigen Kolbenringe durch Hämmern strecken lassen.

Rohre sind stehend zu gießen.

Schmiedbarer Eisenguß muß sich im kalten Zustande hämmern, strecken und richten lassen, ohne zu brechen. Hartguß soll eine Härteschicht von mindestens 5 mm haben. Übergang vom weißen zum grauen Gefüge allmählich. Bremsklötze sind aus dichtem Gußeisen mit Stahlzusatz, der sich gut bohren läßt, herzustellen.

Bei Achslagerkasten aus Flußeisenguß Festigkeit durch Zerreißversuche, Zähig-

keit durch Schlagversuche feststellen. Dehnung auf 100 mm Meßlänge feststellen. Probestäbe nicht ausglühen. wenn Werkstück nicht ebenfalls ausgeglüht wird. Kz = 37—44 kg/qmm, Dehnung $\varphi \geq 20\%$. Von einem Satz von 100 Achslagerkasten sind mindestens 3 mit angegossenen Platten zur Entnahme von Probestäben zu versehen. Für Schlagversuche ist von 100 Achslagerkasten je 1 Achsbüchse auszuwählen. Auf diese werden durch einen Fallhammer von 300 kg Bärgewicht aus 1 m Fallhöhe 10 Schläge ausgeübt. Hierbei dürfen die Büchsen auf höchstens ¾ ihrer ursprünglichen Weite zusammengedrückt werden, ohne daß Risse entstehen. Kleinere Anrisse im Staubringkasten sind kein Grund zur Zurückweisung.

C) Auszug aus den Materialvorschriften der Deutschen Kriegsmarine, Ausgabe 1908.[3])

Martin-Stahlguß ist in basischen Siemens-Martin-Öfen (nicht im Konverter) herzustellen.

Zur Erzielung der erforderlichen Dichtigkeit der Gußstücke ist eine genügend große Anzahl verlorener Köpfe vorzusehen. Gußstücke sind gut auszuglühen. Ausbesserung von Fehlerstellen an wichtigeren Gußstücken nur mit Genehmigung des Reichsmarineamts. Bei Steven, Rudern und Wellenböcken darf der Kupfergehalt 0,2%, der Schwefelgehalt 0,05%, der Phosphorgehalt 0,05% und der Siliziumgehalt 0,45% nicht übersteigen. Streckgrenze über 20 kg/qmm, $\varphi \geq 18\%$, Kz = 40—55 kg/qmm. Kaltbiegeproben an quadratischen Stäben von 30 mm Kantenlänge und 300 mm Gesamtlänge. Krümmungshalbmesser des Dorns 50 mm, erreichte Biegewinkel mindestens 90°. Für Dampfleitungen Warmbiegeprobe bei 200° C vorgeschrieben. Bei Warmbiegeprobe dieselben Bedingungen wie bei Kaltbiegeprobe.

Bessemer-Stahlguß. Ist in Bessemerbirnen herzustellen und sorgfältig zu glühen. Streckgrenze über 20 kg/qmm, $\varphi \geq 18\%$, Kz = 40—55 kg/qmm. Sonst wie bei Martin-Stahlguß.

Temperstahlguß ist aus schwedischem oder österreichischem Holzkohlenroheisen mit geeigneten Abfällen von Schweiß- und Flußeisen herzustellen. Gußstücke von annähernd gleicher Wandstärke und Dicke sind zusammen zu tempern. Temperstahlguß soll ohne Anwendung von Zusatzmaterial durch und durch härtbar sein. Probestäbe, die etwa gleiche Dicke wie die Gußstücke haben sollen, sind im allgemeinen an letztere anzugießen. Kz $\geq$ 35 kg/qmm, $\varphi \leq 5\%$. Kaltbiegeproben an quadratischen Probestäben von 30 mm Kantenlänge und 300 mm Gesamtlänge. Krümmungshalbmesser des Dorns 80 mm, erreichter Biegewinkel mindestens 90°.

Gußeisen. Zusatz von Flußeisen gestattet. Wird mit einem Hammer gegen eine rechtwinklige Kante ein Schlag in der Richtung der Winkelhalbierungslinie ausgeführt, so darf die Kante nicht abspringen, sondern nur einen Eindruck erhalten. Probestäbe ohne Gußhaut auf Zerreißfestigkeit zu prüfen, Kz $\geq$ 15 kg/qmm. Quadratische Probestäbe mit Gußhaut von 30 mm Kantenlänge und 1100 mm Gesamtlänge sind bei einer Auflagerentfernung von 1000 mm auf Biegungsfestigkeit zu prüfen. Belastung in Stabmitte. Bruchlast P $\geq$ 450 kg entsprechend Kz = 25 kg/qmm. Bei Stäben ohne Gußhaut P > 500 kg.

D) Auszug aus den Vorschriften des Germanischen Lloyds in Berlin für die Prüfung von Schweißeisen, Stahl und Stahlguß vom Jahre 1906.[4])

Stahlgußform. Steven, Schraubenrahmen, Ruderrahmen, Schraubenböcke, Ruderquadranten usw. aus Stahlformguß müssen in nachstehender Weise geprüft werden:

a) Zerreißprobe muß Kz = 40—50 kg/qmm bei φ = 15% auf 200 mm Länge ergeben.

b) Kaltbiegeprobe ist derart auszuführen, daß eine Probestange von 30 mm Durchmesser oder, wenn von quadratischem Querschnitt, von 30 mm Kantenlänge bei einem Biegungshalbmesser von 1,5mal Probendicke bis zu einem Winkel von 90° gebogen wird. Das Probestück darf keine Risse zeigen.

c) Fall- und Hammerprobe. Je nach Bestimmung, Form und Größe ist das ganze Stück, falls es verlangt wird, der Fallprobe zu unterziehen. Hat das Stück komplizierte Formen und ist es von beträchtlicher Größe, so genügt es, wenn man es aus einer Neigung von 45° gegen den Boden umfallen läßt. Einfache, kleinere Gußstücke müssen ein Herabfallen aus einer Höhe von 2—3,5 m ertragen, ohne Risse zu bekommen. Die Hammerprobe ist an dem frei aufgehängten Stück mit einem Hammer von 3—4 kg Schwere vorzunehmen.

Lieferungsvorschriften in England, Amerika, Frankreich, Italien, Dänemark siehe Geiger I S. 290—295.

Festigkeitseigenschaften des gießbaren Eisens. Von wesentlichem Einfluß ist die Beschaffenheit des Gefüges. Durchweg besitzt es eine geringere Festigkeit und größere Sprödigkeit als die durch Walzen,

Schmieden, Pressen usw. vergüteten schmiedbaren Eisensorten. Grund: Kristallbildung während der langsamen Abkühlung. Je größer die Kristallkörner, je grobkörniger daher das Gefüge, um so geringer die Festigkeit. Festigkeitverringernd wirkt außerdem bei grauem Gußeisen der Graphit, der, an sich mürbe und von geringer Festigkeit, sich in hexagonalen Blättchen ausscheidet, wodurch der Zusammenhalt der eisenhaltigen Kristalle unterbrochen wird. Bei temperkohlehaltigem Eisen wirkt die wenig feste Temperkohle ähnlich. Weiter wird die Festigkeit durch die Wärmebehandlung beeinflußt. Einfluß der Gießwärme:

Zahlentafel 1[5])

Gebundener C %	Graphit %	Si %	Mn %	S %	P %	Gießwärme °C	Kz kg/qmm
						1320	17,5
3,4	—	0,39	0,05	0,02	0,02	1230	25,4
						1120	19,3
						1400	15,4
0,52	3,4	1,78	0,28	0,04	0,27	1350	22,5
						1245	17,0

Weiter beeinflußt die Abkühlungsgeschwindigkeit die Festigkeit insofern, als durch langsames Abkühlen Zerreiß- und Biegungsfestigkeit verringert werden. Ausglühen verkleinert die Festigkeit, da dabei das Gefüge grobkörniger wird und die Härtungskohle sich zunächst in Karbidkohle und bei längerer Glühdauer in Temperkohle verwandelt. Wiederholtes Erhitzen führt zu erheblicher Volumvergrößerung und Abnahme der Festigkeit bis etwa 30%.

Stahlguß besitzt im roh gegossenen Zustande besonders bei größeren Stücken ungleichmäßiges Gefüge, das durch Ausglühen gleichmäßig und feinkörnig wird. Damit verbunden: Erhöhung der Festigkeit und Zähigkeit. Durch Abschrecken bei über 700° C infolge Verwandlung des Kohlenstoffs in Härtungskohle weitere Steigerung der Festigkeit möglich. Die mit dem Abschrecken verbundene Vergrößerung der Sprödigkeit läßt sich durch Anlassen wieder beseitigen.

Zahlentafel 2.[6])

Kohlenstoff %	Festigkeitswerte	Rohguß	Geglüht	Abgeschreckt u. angelassen
0,26	Kz in kg/qmm	47,3	47,9	55,8
	φ in %	13,5	27,5	20,3
0,42	Kz in kg/qmm	60,2	73,7	76,0
	φ in %	2,7	13,0	11,7
0,63	Kz in kg/qmm	54,1	75,7	113,7
	φ in %	1,6	7,2	0,8

Schnelle Abkühlung flüssigen Gußeisens beeinträchtigt die Graphitausscheidung und fördert das Entstehen weißen Eisens von größerer Härte. Bei Festigkeitsversuchen mit Gußeisenstäben ist zu berücksichtigen, daß die Gußhaut zu geringeren Festigkeitsergebnissen führt. Bei gleichen Abmessungen zeigen sich höhere Festigkeitsziffern, wenn die Probestäbe aus größeren Querschnitten herausgearbeitet sind als bei solchen mit Gußhaut. Nach Bach beträgt die Zunahme der Biegungsfestigkeit durch Entfernen der Gußhaut etwa 15%. Demgemäß ist auch die Durchbiegung der Stäbe mit Gußhaut kleiner als solcher gleicher Abmessung ohne diese.

Von bedeutendem Einfluß auf die Festigkeit gegossenen Eisens ist auch seine chemische Zusammensetzung. (Ausführlicheres siehe Geiger I S. 259ff.)

Kohlenstoff kommt chemisch gebunden im Eisen als Härtungskohle oder Karbidkohle vor oder mechanisch beigemengt als Graphit und Temperkohle. Die chemisch gebundenen C-Formen veranlassen feinkörniges und festes Gefüge, daher hohe Festigkeit bei wesentlicher Härte und Sprödigkeit. Die freien C-Formen unterbrechen den Zusammenhang des Gefüges und verringern die Festigkeit.

Silizium erhöht, wenn in mäßigen Mengen vorhanden, die Festigkeit etwas. Da Si die Ausscheidung von Graphit fördert, kann es bei entsprechend hohem C-Gehalt auch festigkeitsvermindernd wirken. Von Einfluß ist dabei der gleichzeitig vorhandene Mn-Gehalt. Bei hohem Si-Gehalt ist die Festigkeit um so größer, je geringer der Gesamtkohlenstoffgehalt

ist. Hoher Si-Gehalt hebt den schädlichen Einfluß des Schwefels auf, besonders die Sprödigkeit des Gußeisens.

Mangan verursacht Zunahme des gebundenen C und damit der Härte des Gußeisens bei Verringerung der Graphitausscheidung. Geringer Mn-Gehalt steigert etwas die Festigkeit, Sprödigkeit und Härte. 1,0—1,5% Mn-Gehalt und mehr vermindern die Festigkeit, ohne daß die Sprödigkeit abnimmt. Bei hohem Si-Gehalt hat die Höhe des Mn-Gehalts auf die Festigkeit keinen Einfluß.

Phosphor verringert im gegossenen Eisen die Festigkeit und steigert die Sprödigkeit. Durchbiegung und Schlagfestigkeit werden vermindert. Schädlicher Einfluß des P tritt um so mehr in Erscheinung, je größer der Gehalt an Härtungskohle und Mn und je kleiner er an Si ist. Gußeisen, das große Festigkeit haben muß, soll nicht mehr als 0,3—0,4% P enthalten.

Schwefel bis zu etwa 0,15% hat auf das Gußeisen keinen nachteiligen Einfluß. Da er die Graphitbildung hemmt und zur Bildung weißen Eisens beiträgt, verringert er etwas die Zugfestigkeit und erhöht Härte und Sprödigkeit. Bei gleichzeitigem Vorhandensein von Cu, mit dem S sich verbindet, tritt ein Mürbewerden des Eisens ein. Über 0,15% S im Temperguß ergeben eine wesentliche Verringerung von Dehnbarkeit und Sprödigkeit. Cu bildet mit S Schwefelkupfer, das sich in Nestern an den zuletzt erkaltenden Stellen absetzt und die Festigkeit beeinträchtigt, daher nicht über 0,04%. Bei S-armen Eisensorten tritt ein Legieren des Cu mit dem Eisen ein, das die Festigkeit erhöht.

Arsen hat bereits bei 0,1% große Härte und starke Sprödigkeit zur Folge.

Titan vergrößert Zerreißfestigkeit, Elastizitätsmodul und Schlagfestigkeit des Gußeisens bei Verkleinerung der Dehnbarkeit. Am günstigsten 0,25% Ti. 0,05% erhöhen die Biegungsfestigkeit. Bei Hartguß verkleinert Ti die Stärke der Abschreckschicht, vergrößert aber deren Härte und Druckfestigkeit wesentlich. Bei Temperguß veranlaßen 0,25% Ti Erhöhung von Zugfestigkeit und Dehnung.

Vanadium vergrößert bereits bei Zusätzen von 0,05—0,15% Biegungsfestigkeit und Durchbiegung bei grauem und weißem Eisen erheblich. Mn-Zusätze unterstützen diese Wirkung.

Festigkeitswerte: 1. Gußeisen nach Messerschmidt:[7])

Zahlentafel 3.

Art der Gußstücke	Bruch bei kg/qmm			
	Zug	Druck	Biegung	Schub
Potterieguß	10	60	25	12
Bau- und Maschinenguß				
grobkörnig	10	55	25	12
feinkörnig	14	70	27	17
Sonderguß				
weich	16	80	28	19
drehhart	18	85	30	21
Walzenguß				
drehhart	25	90	37	—
weich	17	80	30	—
Hartguß	25—30	100	39	—

nach Jüngst:[8])

Zahlentafel 4.

Festigkeit in kg/qmm		Prozentgehalt an			
Zug	Biegung	C	Si	Mn	P
24,0	37,3	3,43	1,46	0,75	0,93
21,2	34,8	3,11	1,55	0,79	0,70
19,6	30,0	3,14	2,04	0,95	0,69
18,9	36,9	2,62	2,09	0,55	0,17
20,3	38,0	2,28	3,07	0,72	0,61

Die *Zerreißfestigkeit* von Probestäben grauen Gußeisens liegt etwa zwischen den Grenzen Kz = 7—25 kg/qmm.

Bruchdehnung etwa 0,2—0,8% der Meßlänge.

Proportionalitätsgrenze und *Streckgrenze* ist bei Gußeisen nicht vorhanden, daher ist der Elastizitätsmodul des Gußeisens von der Spannung abhängig, er nimmt mit wachsender Spannung ab. Nach Bach:[1])

Zahlentafel 5.

Hochwertiges Gußeisen Kz = 23—24 kg/qmm		Besonderes zähes Gußeisen Kz = 16,5 kg/qmm	
Spannung kg/qmm	E-Modul kg/qmm	Spannung kg/qmm	E-Modul kg/qmm
1,60— 4,80	11 350	2,37—4,73	8580
4,80— 8,00	9 710	4,73—7,10	6310
8,00—11,20	8 410	7,10—9,46	4930
11,20—14,40	6 915		
14,40—17,61	5 520		

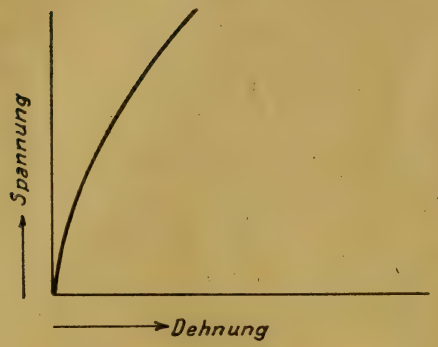


Abb. 1.
Schmelzdiagramm des Gußeisens.

Demnach nimmt die Dehnungslinie eine von der des Tempereisens verschiedene Form an, vgl. Abb. 1.

Unter *Arbeitsvermögen* des Gußeisens ist die mechanische Arbeit zu verstehen, welche für 1 ccm der ursprünglichen Masse des Probestabes aufzuwenden ist, um ihn zu zerreißen. Es ist erheblich kleiner als bei Schmiedeeisen. Zum Vergleiche diene Zahlentafel 6 nach Bach:[9])

Zahlentafel 6.

Material	Gußeisen zäh	Gußeisen hochwertig	Stahlguß	Flußeisen	Bronze
Arbeitsvermögen in kg/ccm	0,092	0,126—0,131	8,20— 8,62	6,76	1,16— 4,66
Verhältnis	1	1,37—1,42	89,1—93,7	73,5	12,6—50,7

Die Zusammenstellung ergibt, daß sogar hochwertiges Gußeisen stoßweisen Belastungen und hohen Spannungen, die sich aus Temperaturschwankungen ergeben, gegenüber nicht sehr widerstandsfähig ist.

Druckfestigkeit des grauen Gußeisens etwa 70 kg/qmm, sinkt bei starkem Graphitgehalt.

Biegungsfestigkeit des Gußeisens nach Bachschen Versuchen an Normalrundstäben 36,8—48,6 kg/qmm bei einer Durchbiegung von 9,1—12,6 mm.

Scherfestigkeit ist etwa gleich der Zugfestigkeit zu setzen.

Verdrehungsfestigkeit nach Bachs Versuchen mit zwei Gußarten A und B.[10])

Zahlentafel 7.

Querschnittsform	Verdrehungsfestigkeit in kg/qmm A	in kg/qmm B	in % von Kz A	in % von Kz B
Kreis	16,2	—	1,02	—
Kreisring	13,0	14,4	0,82	0,86
Rechteck b : h = 1 : 1	22,3	26,0	1,42	1,55
Rechteck b : h = 1 : 2,5. . . .	25,3	—	1,60	—
Rechteck b : h = 1 : 5	23,7	26,6	1,50	1,59
Rechteck b : h = 1 : 9	25,1	—	1,59	—
Hohlquadrat	17,9	—	1,13	—

Die *Schlagfestigkeit* nimmt im allgemeinen mit wachsender Biegungsfestigkeit zu. Wird letztere aber größer als 40 kg/qmm, so nimmt sie wieder ab. Bach ermittelte an eingekerbten Stäben derselben Eisensorten von Normalabmessungen eine Schlagfestigkeit von 0,61—0,82 kg/qmm.

Härte für Maschinenguß von Kz = 12 kg/qmm mit der Brinellschen Presse ermittelt von Malmström. Bei Kugeldruckdmr. 10 mm, Kugelbelastung 3000 kg ergaben sich Härtezahlen von 146—167.

2. Schmiedbarer Guß:

Nach Versuchen von Day (Amerika) ergaben sich die Werte der folgenden Zahlentafel 8[1]):

Zahlentafel 8.

Querschnitt	Zugfestigkeit kg/qmm	Dehnung %
rund	30,5	7,0
quadratisch	26,7	3,2
rechteckig	26,4	3,5
kranzförmig . . .	25,1	5,3

3. Stahlguß.

Messerschmidt gibt für verschiedene Stahlgußarten folgende Werte (Zahlentafel 9): [11])

Zahlentafel 9.

Eigenschaften	C %	Kz kg/qmm	Dehnung %	Verwendung
weich	0,1—0,15	38	22	Dynamogehäuse
zähe	0,2—0,3	50	18	Maschinen, Räder
zähhart	0,5—1,1	65	12	Maschinen, Pressen
hart	1,2—1,3	100	3	Kollergänge, Brachwerke
—	1,2—1,3	70	5	Herzstücke
—	0,8	60	8	Preßzylinder
—	0,5	60	15	Maschinenteile

Im Verhältnis zu geschmiedetem Stahl besitzt Stahlguß, wie Kerbschlagproben ergaben, stoßweiser Beanspruchung gegenüber eine geringere Sicherheit.

Rückwirkung höherer Temperaturen auf die Festigkeit gießbaren Eisens: Bei Überschreiten bestimmter Temperaturen sinken die Festigkeitswerte erheblich. Hierzu kommt, daß zu den äußeren Spannungen bei höheren Temperaturgraden Gußspannungen hinzutreten, die durch die Formgebung der Stücke beeinflußt werden und der Berechnung nicht zugänglich sind. Nach Bach nimmt die Zerreißfestigkeit hochwertigen Gusses von etwa 400° C an merklich ab. Ebenso verhält es sich hinsichtlich der Biegungsfestigkeit.

Bei Temperguß liegt der Höchstwert von Zerreißfestigkeit, Proportionalitäts- und Streckgrenze bei etwa 250—300° C, bei höheren Temperaturen sinkt er rasch wieder. Die an sich kleine Bruchdehnung wird durch die Temperaturzunahme fast gar nicht verändert.

Stahlguß zeigt ein Zunehmen der Zerreißfestigkeit bis etwa 300° C, von da ab ein Abnehmen. Die Dehnung verringert sich dagegen bis etwa 200° C, dann wird sie wieder größer.

Die *Härte des grauen Gußeisens* wird bei den Temperaturen von 18—200° zuerst allmählich kleiner, von 200—300° C nimmt sie wieder zu, um bei Temperaturen über 300° rasch abzunehmen.

Einfluß von Säuren und Feuer auf die Festigkeit gießbaren Eisens: Beizen in verdünnter Schwefelsäure (z. B. beim Putzen) verringert die Festigkeit um etwa 10%. Weißes Eisen wird weniger durch Säuren angegriffen, als graues, daher Innenseite der Gefäße zur Aufnahme von Säuren, besonders Salzsäure, aus weißem (Schreckplatten), äußere aus grauem Gußeisen.

Dauerndes Befeuern führt allmählich zum Verbrennen von Graphit und Temperkohle, während der Gehalt an gebundenen C bleibt. Für solche Gegenstände wie Glühgefäße, Schmelzkessel, Roststäbe usw. muß das Eisen viel gebundenen C und wenig Si, Mn, P und S enthalten.

Plötzlichen Temperaturschwankungen ist am besten Hämatit-Gußeisen gewachsen.

Prüfung des gießbaren Eisens in physikalischer Hinsicht.

Abschreckprobe: Abschreckplatte a wird nach Abb. 2[12]) in die Sand- oder Masseform b mit eingeformt. Der Bruch des Gußstücks zeigt eine feinkörnige graue oder weiße Kruste, die allmählich in das Gefüge des grauen Eisens übergeht. Aus der Härtetiefe läßt sich auf die chemische Zusammensetzung schließen.

Si verkleinert, Mn und S vergrößern die Härtetiefe.

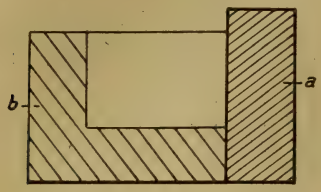


Abb. 2.

Schwindungsprobe: Die Größe der Schwindung gestattet einen Schluß auf die Größe des Gehaltes an Si, Mn und S. Die letzteren vergrößern, Si verkleinert die Schwindung. Zur Messung der Schwindung benutzt West die Vorrichtung Abb. 3[13]). Ein fester Eisenrahmen r begrenzt die

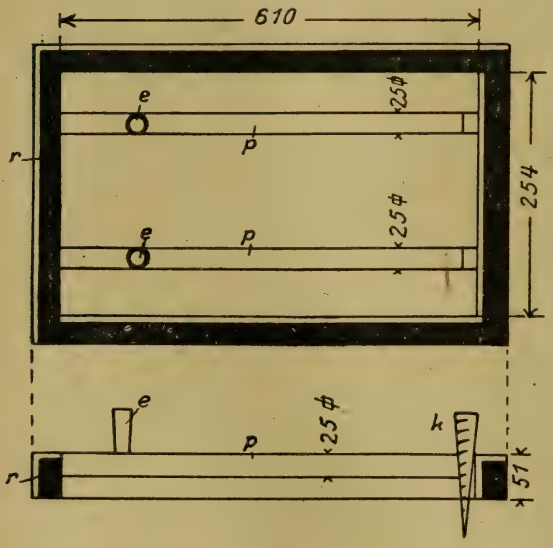


Abb. 3.
West'sche Schwindungsprobe.

Modelle an den Stirnflächen. Nach Erkalten wird die Länge der Probestäbe p mittels Keil k gemessen. l ist der Einguß.

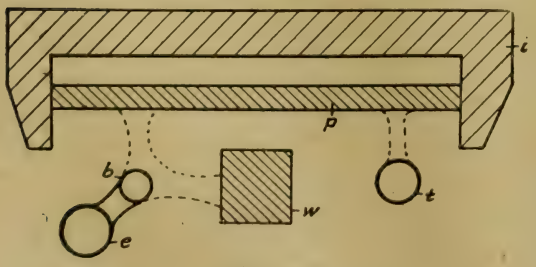


Abb. 4.
Keep'sche Schwindungsprobe.

Keep gießt den Stab p nach Abb. 4[2]) zwischen den Schenkeln eines Joches i und bestimmt seine Länge nach Erkalten zwischen 2 Meßspitzen, deren eine mit Mikrometerschraube versehen ist. Zusammen mit p wird ein Würfel w gegossen, der zur Entnahme von Probegut für die Analyse und zu Bohrversuchen dient. e ist der Einguß, l der Schlackenfang und t der Steiger.

Die Abbildung stellt einen Horizontalschnitt dar.

Lunkerprobe: Es werden Stücke gegossen, die große Neigung zum Saugen haben, z. B. ein Stück von der Form eines K mit Schenkeln von 25 mm Kantenlänge. An der Verzweigung bilden sich Hohlräume, wenn das Eisen zum Lunkern neigt.

Härte- und Bearbeitungsfähigkeitsprobe: Mit einem Normalbohrer von bestimmter minutlicher Umdrehungszahl wird ein Loch gebohrt. Die in der Zeiteinheit erzielte Lochtiefe wird gemessen. Keßner benutzt eine Bohrmaschine mit Selbstschreiber, die nach 100 Umdrehungen von selbst stillsteht. Dieselbe ergibt das Schaubild

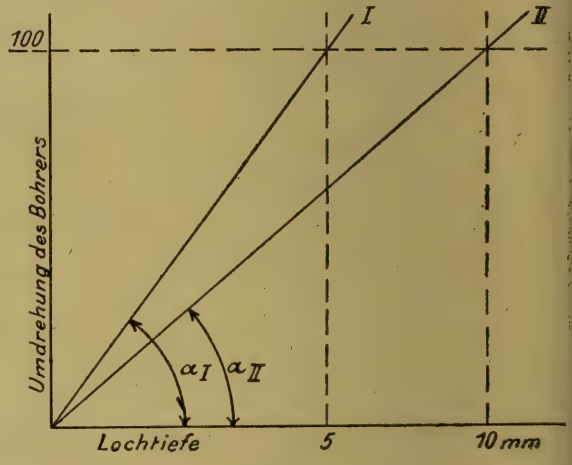


Abb. 5.
Schaubild der Bohrproben.

Abb. 5. Linie I gilt für ein hartes, Linie II für ein weiches Eisen. Maßgebend ist der Winkel α. Die Ergebnisse werden durch Vergleich mit einem Normalmetall (Tombak) ausgewertet. Weiteres siehe S. 214 dieses Buches und folgende.

Bruch-, Biege- und Durchbiegungsprobe vgl. S. 198 dieses Buches und folgende.

Probe zum Feststellen von Spannungen erfolgt durch Schlag- oder Fallproben.

Metallographische Untersuchung siehe S. 224 dieses Buches und folgende.

Gefügebilder des gießbaren Eisens:[14]) Als Gußgefüge wird das Querschnittsbild der

erstarrten und ohne mechanische Behandlung abgekühlten Gußstücke bezeichnet, welches durch die gegenseitige Lage und Größe der Gefügebestandteile Ferrit und Perlit bzw. Zementit und Perlit entsteht. Es hängt ab von der Geschwindigkeit der Abkühlung, den durch Gasblasen bedingten Bewegungsvorgängen im Metallbade, sowie den nichtmetallischen Einschlüssen je nach Menge und Nestbildung. Bei rascher Abkühlung, z. B. dünnwandigem Guß, entstehen viele kleine Kristalle, wobei die Ferrit- und Perlitverteilung einer ziemlich gleichmäßigen Kornstruktur entspricht; im Falle weniger schneller Abkühlung, also bei dickwandigem Guß, zeigen sich bei C-ärmeren Legierungen Netzstrukturen oder Widmannstättensche Strukturen, bei C-reicheren Tannenbaumstrukturen. Typische Beispiele der Gefügebildung dieser Art zeigen die Abb. 6 bis 8, Tafel 17.

Ab. 6: Gußgefüge von Stahlformguß mit 0,15% C aus einem Stück von 40 mm Wandstärke. Man erkennt die Widmannstättensche Struktur besonders in Abb. 7, die ein Teilbild der Abb. 6 in 4facher Vergrößerung ist.

Abb. 8: Gußgefüge von Stahlformguß mit 0,15% C aus einem Stück von 5 mm Wandstärke. Der Einfluß der rascheren Abkühlung ist durch die Kornstruktur deutlich erkennbar.

1. *Gefügebilder von Gußeisen.* a) Graues Gußeisen. Menge und Ausbildungsform des Graphits sind für die Beurteilung maßgebend. Ausbildungsform hängt hauptlich von der Abkühlungsgeschwindigkeit ab, je geringer die letztere ist, um so gröber sind die einzelnen Graphitblätter. Außerdem wird die Graphitform durch Si, Mn und P beeinflußt. Si fördert die Bildung grober Graphitkristalle, Mn bewirkt das Gegenteil.

Abb. 9, Tafel 17: Typisches Gefügebild von grauem Roheisen. Es zeigt Graphit (schwarze Teile), Perlit und freien Zementit.

P mit mehr als 0,1% veranlaßt Bildung eines ternären Eutektikums, welches zuletzt erstarrend das Gußeisengefüge zellenartig durchsetzt. Bei über etwa 1% P hindert dieses Phosphoreutektikumnetz die Bildung großer Graphitkristalle. Es entstehen Graphitnester in graphitfreiem Eutektikum.

b) Weißes Roheisen. Abb. 10, Tafel 18: Typisches Gefügebild von weißem Roheisen. Es zeigt Ledeburit und Perlit in der Tannenbaumstruktur der primären Mischkristalle.

c) Hartguß ist ledeburitisches Gußeisen.

Abb. 11, Tafel 18: Typisches Gefügebild von halbiertem Gußeisen. Im unteren weißen Teile bildet Ledeburit eine Netzstruktur, deren Teile fein oder grob sind, je nachdem die Abkühlungsgeschwindigkeit größer oder kleiner ist. Der obere graue Teil zeigt die Graphitbildung des grauen Gußeisens.

2. *Gefüge von Temperguß*: Beim Tempern wird der Zementit des weißen Roheisens durch das Glühen zerlegt. Es scheidet sich Temperkohle aus, die durch den Sauerstoff des Glühmittels (Fe_2O_3) verbrannt wird. Ein Rest Temperkohle bleibt gewöhnlich im Gußstück und bietet das Unterscheidungsmerkmal zwischen Temperguß und gewöhnlichem schmiedbaren Eisen.

Abb. 12, Tafel 18: Typisches Gefügebild von Temperguß. Das Gemisch von schwarzer Temperkohle und Ferrit ist deutlich zu erkennen.

3. *Gefüge von Stahlguß*: Der in eine Form gegossene Stahl weist ein grobes Gußgefüge auf. Je dickwandiger das Stück ist, um so gröber und nachteiliger für seine mechanischen Eigenschaften ist das grobe Gefüge, abgesehen davon, daß als Folge der verschiedenen Abkühlungsgeschwindigkeiten in den einzelnen Querschnittsteilen Spannungen im Gußstück entstehen, die gefährlich für seine Haltbarkeit sind, wenn durch die Benutzung des Gußstücks zusätzliche Spannungen entstehen. Daher ist Stahlformguß auszuglühen.

Abb. 13, Tafel 18: Typisches Gefügebild von Stahlformguß im ungeglühten Zustande. Das Gußgefüge weist Widmannstättensche Struktur auf. Die spezifische Schlagarbeit des betr. Stahles in diesem Zustande betrug 2 kg/qcm.

Abb. 14, Tafel 18: Typisches Gefügebild von Stahlformguß im geglühten Zustande. Das Gußgefüge besitzt Kornstruktur. Die spezifische Schlagarbeit des Materials in diesem Zustande wurde zu 8 kg/qcm ermittelt.

Eigenschaften des gießbaren Eisens infolge seiner chemischen Zusammensetzung:

Schmelzbarkeit: Die Wärmemenge W zum Erhitzen und Schmelzen eines Körpers hängt ab von der Schmelztemperatur t, der spezifischen Wärme s und der Schmelzwärme l. Es ist:

$$W = st + l.$$

Die Schmelzbarkeit S ist der reziproke Wert von W

$$S = \frac{1}{W} = \frac{1}{s.t + l}.$$

Für Gußeisen: S = 245 W.E.; t = 1200°.
Für Stahl: S = 300 W.E.; t = 1500°.
Dünnflüssigkeit hängt ab von dem

Zusammenhang der Körperteilchen. Sie kann gesteigert werden durch Überhitzen des Metalls sowie durch Zusetzen anderer Elemente. Die Dünnflüssigkeit wird bei gießbarem Eisen gesteigert durch C, Si, Mn und besonders P. S macht das Eisen dickflüssig, ebenso Al und Metalloxyde.

Seigerung oder Entmischung entsteht durch Trennen der leichtflüssigen Bestandteile einer Legierung von den schwerflüssigen während der Erstarrung. Langsames Abkühlen fördert, schnelles verhütet bzw. vermindert Seigerung. Eutektische Legierungen weisen keine Seigerung auf. Folge der Seigerung: unhomogenes Gefüge, bisweilen Ausscheidungen in Hohlräumen von anderer chemischer Zusammensetzung als die Grundmaße. Bei dickwandigen Gußstücken im Innern infolge der langsameren Abkühlung andere Zusammensetzung als am Rande.

Graphitbildung ist keine Seigerungserscheinung, sondern eine Unterkühlungsfolge. C-Gehalt in den rasch abgekühlten Querschnitten oft größer als in den langsam abgekühlten. Ausscheidungen in Nierenform erzeugen „Hartstellen".

An der Oberfläche von Roheisenmasseln und Rohblöcken seigern oft sog. „Schwitzkugeln" aus. Phosphor- und Schwefelseigerungen finden in der Gußpfanne und im Mischer statt. Seigerungen lassen sich metallographisch feststellen. Auf der Festigkeit sind sie von nachteiligem Einfluß, was bei der Entnahme von Probestäben zu berücksichtigen ist.

Spiel nennt man die Erscheinung, welche auf der Oberfläche überhitzten Eisens durch Entstehen von Oxydhäutchen zu beobachten ist.

Wanzen nennt man die nicht metallischen blatternarbigen Ausscheidungen, die beim Zerreißen der Oxydhäutchen beim Spiel entstehen. Es sind erstarrte Oxyde, die sich oft mit den Seigerungsprodukten mischen. Unter den Wanzen entstehen Hohlräume, es muß daher dafür gesorgt werden, daß sie nicht mit in die Gußform gelangen.

Gasblasen bilden im Innern der Gußstücke Hohlräume, wenn ihnen nicht Gelegenheit zum Entweichen gegeben wird. Sie sind auf 4 Arten entstanden:

1. Im flüssigen Metall gelöste Gase: Unter je höherem Druck das flüssige Eisen steht, um so mehr Gase vermag es zu lösen, bei Nachlassen des Druckes (Abstich) entweicht ein großer Teil derselben. Die Lösungsgase im Eisen bestehen aus H, N und CO.

2. Chemische Vorgänge im Innern des Metalls: Das flüssige Eisen enthält Eisenoxydul, das mit dem stets vorhandenen Kohlenstoff Kohlenoxyd bildet: $FeO + C = Fe + CO$. Beim Umschmelzen des Eisens bildet sich stets FeO. Auch Wanzen rufen Gasblasen hervor, wenn sie mit in die Gußform gelangt sind. In derselben Weise wirken oft die Kernstützen. Das Lösungsvermögen für Gase hängt von der Zusammensetzung des Eisens ab. Zu besonders lebhafter Gasentwicklung neigt Stahlguß, daher als Zusätze zur Verminderung der Gasbildung Ferromangan und Ferrosilizium zunächst im Ofen, darauf Aluminium in der Pfanne.

3. Lufteinschlüsse: Sie entstehen, wenn die Luft aus der Gußform nicht entweichen kann, daher ist eine gute Entlüftung der Formen durchaus notwendig.

4. Gasentwicklung durch Berühren von flüssigem Metall mit kalten Metallstücken. Kalte Metalle nehmen Gase (Wasserstoff) aus der Luft in ihren Poren auf; die auf der Oberfläche dadurch entstehende Gasschicht dehnt sich durch das Auftreffen des heißen flüssigen Metalls stark aus und führt zur Gasbildung im letzteren, auch wenn es an und für sich gasfrei ist. Um dies zu vermeiden, werden Kokillen usw. angewärmt, ehe man sie ausgießt.

Äußerlich läßt sich die Gasentwicklung erkennen an der Flammenbildung des flüssigen Metalls.

Mn-reiche Eisensorten zeigen Flammendecke mit weißem Rauch.

Si-Gehalt bis 1,5% hat eine dünne durchsichtige Schicht brennender Gase zur Folge. Bei stärkerem Si-Gehalt starke Rauchentwicklung bei schwacher Flammenbildung. Außerdem bei allen ein Wallen der dünnflüssigen Oberfläche. Wird das Eisen kälter, so tritt Funkensprühen: „Spratzen" ein. Kurz vor dem Erstarren Blasenbildung an der Oberfläche.

Graues Roheisen ergibt dichtere Güsse als weißes, weil Si wahrscheinlich die Gasentwicklung abschwächt.

Schwinden. Hierunter versteht man die Abnahme des Volumens eines Gußstückes durch Erkalten. Die Verhältnisse, welche die Bildung von Graphit fördern, verringern die Schwindung. Stahlguß schwindet etwa doppelt so viel wie Grauguß.

Mit abnehmendem Si-Gehalt wird die Schwindung größer. P übt keinen Einfluß aus. Mn vergrößert die Schwindung, ebenso S.

Schwindmaß: Hiermit wird die Zahl bezeichnet, die angibt, um wieviel kleiner der Abguß ist als das Modell.

Bezeichnungen:

L = Länge der Gußform (Modell) eines Stabes,

l = Länge des erkalteten Gußstücks,

φ = Schwindungskoeffizient.

$$\varphi = \frac{L-l}{L} = 1 - \frac{l}{L} \text{ oder}$$

$$L = l + \varphi L$$

Das besagt, daß die Gußform bzw. das Modell um $\varphi . L$ = Schwindung größer sein muß als der beabsichtigte Abguß.

Berechnung des räumlichen Schwindmaßes.

Bezeichnungen:

V = Volumen der Gußform (Modell),
L = Seitenlänge der Gußform,
v = Volumen des erkalteten Gußstücks,
l = Seitenlänge des erkalteten Gußstücks.
φ = Längenschwindmaß,
φ_1 = räumliches Schwindmaß,

$$\varphi_1 = \frac{V-v}{V} = 1 - \frac{v}{V}$$

Es sei ein Würfel von der Kante l als Gußstück angenommen:

$$\varphi_1 = 1 - \frac{v}{V} = 1 - \frac{l^3}{L^3}$$

$$\frac{l}{L} = 1 - \varphi$$

$$\frac{l^3}{L^3} = (1-\varphi)^3 = 1 - 3\varphi + 3\varphi^2 - \varphi^3$$

Wegen der Kleinheit der Werte können φ^2 und φ^3 vernachlässigt werden:

$$\frac{l^3}{L^3} = 1 - 3\varphi$$

$$\varphi_1 = 1 - 1 + 3\varphi$$

$$\varphi_1 = 3\varphi$$

Demnach ist das räumliche Schwindmaß etwa dem 3fachen linearen gleich, welch letzteres für die Praxis nur in Anwendung kommt.

Nach Keep und Ledebur[15]) hat reines Eisen $\varphi = \frac{1}{41} = 2{,}44\%$, weißes Roheisen $\varphi = \frac{1}{55} - \frac{1}{60} = 1{,}82-1{,}67\%$, weicher Stahl (Flußeisen, Stahlformguß) $\varphi = \frac{1}{55} - \frac{1}{60} = 1{,}82-1{,}67\%$, graues Roheisen $\varphi = \frac{1}{95} = 1{,}04\%$.

Für die Praxis wird mit folgenden Schwindmaßen gerechnet:

Grauguß: 1% bei mittlerem und leichtem Grauguß, 0,9% in der Längsrichtung bei großen Zylindergüssen, 0,5% im Durchmesser bei großen Zylindergüssen, 0,5%—0,7% bei schwerem Grauguß, 0,5% bis 0,7% bei Gußstücken, die infolge von Rippen nicht frei schwinden können.

Temperguß: 1,56%—2,00%.

Stahlguß: 1,7%—2,0%.

Von wesentlichem Einfluß ist die chemische Zusammensetzung.

Folgen des Schwindens: Hohlräume, vorübergehende und bleibende Spannungen, Verziehungen und Verwerfungen, Brüche und Risse.

Vermieden werden die Folgen durch geeignete Formgebung, Vermeiden von Materialanhäufungen, Abrunden der Ecken, allmähliche Übergänge von schwächeren zu stärkeren Querschnitten, Rippen und Verstärkungsleisten. Hauptstreben der Formgebung: Fördern gleichmäßiger Abkühlung aller Teile des Gußstücks.

Spezifisches Gewicht: Reines Eisen: D = 7,85—7,88; Flußstahl: D = 7,86; Flußeisen: D = 7,85; Gußeisen: D abhängig vom Graphitgehalt. Tiefgraues Roheisen: D = 7; lichtgraues Roheisen: D = 7,2; weißes Roheisen: D = 7,6.

Änderung von D wird durch Wachsen veranlaßt. Mit Wachsen bezeichnet man die Eigenschaft des Gußeisens, bei wiederholtem Erhitzen sein Volumen zu vermehren.

Elektrische und magnetische Eigenschaften: Bezeichnungen: ϱ = spezifischer Widerstand = Widerstand eines Drahtes von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0° C in Ohm. Die Leitungsfähigkeit

$$\gamma = \frac{1}{\varrho}$$

wird mit steigender Temperatur kleiner. Bei 20° C abgerundet: γ = 8—10 für Schmiedeeisen, γ = 4—10 für Stahl, γ = 0,5—1,1 für Gußeisen. Je reiner das Metall, um so besser die Leitungsfähigkeit. Capp empfiehlt folgende Grenzen einzuhalten: C < 0,15%; Mn < 0,30%; P < 0,06%; S < 0,06%; Si < 0,05%. Ein solches Material hat γ = 7—7,4.

Für Dauermagnete kommen nur härtbare Eisenlegierungen in Frage. Für Magnetgehäuse und Kerne von Elektromagneten wird ein magnetisch weiches Material von großer Aufnahmefähigkeit (Induktion) und Durchlässigkeit für magnetische Kraftlinien (Permeabilität) verwendet. Wesentlichsten Einfluß auf die magnetischen Eigenschaften besitzt der Kohlenstoff.

Im Stahlguß verringern größere Mengen von Si die Permeabilität; Mn < 0,5% hat geringen Einfluß. P und S in größeren Mengen machen das Material magnetisch härter. Al verbessert die magnetischen Eigenschaften. Ni mit etwa 5% vergrößert die Permeabilität, während ein geringerer Ni-Gehalt die Magnetisierung verringert. Nach Parshall sollen an Fremdkörpern in Stahlguß für magnetische Zwecke höchstens sich befinden: 0,25% C; 0,20% Si; 0,50% Mn; 0,08% P; 0,05% S.

Im Gußeisen stehen chemische und

magnetische Eigenschaften in gesetzmäßigen Beziehungen. C und Mn üben einen ungünstigen, Si im C-armen Eisen einen günstigen Einfluß aus. Von C soll möglichst wenig im magnetischen Gußeisen sein. Nach Nathusius ergibt ein einmaliges, langsames, 24stündiges Glühen mit nachfolgender möglichst langsamer Abkühlung die besten magnetischen Kurven beim Gußeisen.

Im allgemeinen ist es schwierig, ein magnetisch homogenes Eisenmaterial auch bei vorsichtigem langsamen Ausglühen zu gewinnen, da die chemische Zusammensetzung von größtem Einfluß dabei ist und diese selbst nicht im ganzen Stück gleichmäßig zu sein pflegt.

Mechanische Behandlungen, die auf die molekulare Struktur von Einfluß sind, verändern auch die magnetischen Eigenschaften.

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Gießereierzeugnisse.

1. Erzeugnisse aus Gußeisen (Grauguß).

Nach Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute[16]):

1. Geschirr- und Ofenguß:
   Si = etwa 3%.
   Mn = 0,4—0,8%.
   P = 1% und mehr.
   S < 0,1%.
   s_c = 0,9—1 = Sättigungsgrad für C.

   Setze $s_c = \frac{C}{4{,}26 - \frac{Si}{3{,}6}}$

   Hierin ist C = Kohlenstoffgehalt in %,
   Si = Siliziumgehalt in %,
   4,25% ist der Kohlenstoffgehalt des Si-freien Eisens im Sättigungszustand,
   3,6% Si vermindern das Sättigungsvermögen des Eisens an Kohlenstoff um etwa 1%.
2. Röhrenguß:
   Si entsprechend der Linie a in Diagramm. Abb. 15.
   Mn < 1%.
   P bis 1% und mehr.
   S < 0,12%.
   sc = 0,9—1.
3. Gußwaren mittlerer Festigkeit, leicht bearbeitbar (Maschinenguß usw.):
   Si entsprechend der Linie a in Diagramm. Abb. 15.
   Mn = 0,4—0,8%, nicht über 1%.
   P = 0,5—0,8%.
   S < 0,12%.
   s_c = 0,9—1.
4. Maschinenguß höherer Festigkeit:
   a) Lokomotivzylinder:
      C = 3,2—3,57%.
      Si = 1—1,4%, demnach unterhalb der Linie a im Diagramm Abb. 15.
      Mn = 0,6—0,9%.
      P = 0,7—0,9%.
      S < 0,12% (je höher S-Gehalt, um so heißer muß das Eisen gegossen werden).
      s_c = 0,83.
   b) Dampf-, Gasmotoren-, Preßzylinder und ähnliches:
      C = 2,9—3,2%.
      Si = 0,81—1,5%, demnach unterhalb der Linie a im Diagramm Abb. 15.
      Mn = 0,3—0,7%.
      P = 0,2—0,6%.
      S < 0,12%.
      s_c = 0,76—0,80.
5. Kokillenguß:
   C ~ 3,5%.
   Si = 1,6—2,5%, demnach oberhalb der Linie a im Diagramm Abb. 15.
   Mn = 0,8—1%, nicht über 1,25%.

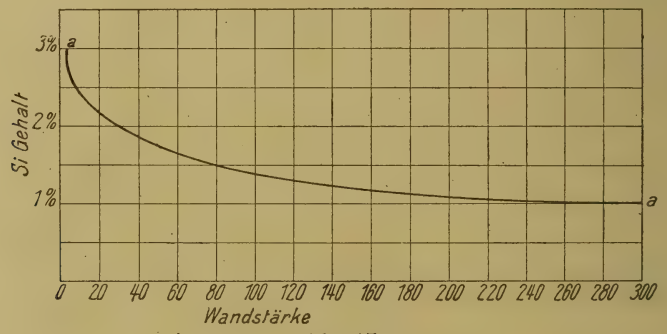


Abb. 15.
Schaubild des Siliziumgehaltes.

P < 0,1%.
S < 0,1%.
s_c = 0,9—1.

6. Walzenguß:
C = 2,9—3,37%.
Si = 0,5—0,8%.
Mn = 0,6—1,2%.
P ~ 0,5%.
S < 0,1%.
s_c = 0,71—0,83.

7. Hartguß:
C = 3,5—3,8%.
Si = 0,5—0,9%.
Mn = 0,3—0,5% (in dicken Gußstücken ausnahmsweise bis 1%).
P = 0,2—0,5%.
S = 0,08—0,15%.
s_c = 0,75—0,88.

Feuerbeständiger Guß ist ähnlich zusammengesetzt, jedoch kann der C-Gehalt bis 3% sinken. Soll Feuerbeständigkeit gleichzeitig Widerstand gegen Temperaturschwankungen (Spannungen) besagen, so fällt das Gußstück unter Kokillenguß.

8. Dynamoguß:
C = 2,95%.
Si = 3,19%.
Mn = 0,35%.
P = 0,89%.
S < 0,12%.
s_c = 0,87.

9. Säurebeständiger Guß:
C = 3,2%.
Si = 1,7%.
Mn = 0,8%.
P = 0,15%.
S = 0,03—0,04%.
s_c = 0,85.

Hohe Säurebeständigkeit ergibt sich auch bei Si-Gehalten von 5—6%.

2. Temperguß nach Osann:

Beschaffenheit der Gußstücke vor dem Tempern. Es kommt für Temperguß nur weißes Roheisen in Frage:

C = 2,75—3,10%,
Si = 0,45% bei schwererem Guß über 38 mm Wandstärke
0,65% bei gewöhnlichem Guß,
0,80% bei Guß für landwirtschaftliche Maschinen,
1,25% bei Guß von noch dünneren und kleineren Teilen.
Mn < 0,4%.
P = 0,10—0,20%, nicht mehr als 0,22%.
S = 0,03—0,08%.

3. Stahlguß nach Hütte:[17])

1. Teile für Zerkleinerungsapparate, wie Steinbrecher, Kollergangsringe und Platten u. dgl. 80—100 kg/qmm Festigkeit:
C = 0,8%.
Si = 0,4%.
Mn = 0,8—1,0%.
Cr = 1,0%.
2. Kammwalzen, Zahnräder, Herzstücke u. dgl. 60—80 kg/qmm Festigkeit.
C = 0,4%.
Si = 0,3%.
Mn = 0,6%.
3. Gewöhnlicher weicher Formguß für alle Zwecke des Maschinenbaues: 40—50 kg/qmm Festigkeit.
C = 0,1%.
Si = 0,3%.
Mn = 0,4%.
4. Schweißbarer Formguß darf nicht mit Ferrosilizium fertig gemacht werden. Zweckmäßig ist ein Zusatz von 0,1% Al.

Die Gewinnung des gießbaren Eisens.

1. Grauguß:

Gußwaren erster Schmelzung werden gewonnen, indem man das im Hochofen gewonnene flüssige Roheisen unmittelbar in Formen gießt, meist unter Verwendung von Mischern oder Flammöfen; hauptsächlich für Röhrenguß angewendet.

Gußwaren zweiter Schmelzung sind solche, bei denen das Rohmaterial in Schmelzvorrichtungen zwecks Vergießens umgeschmolzen wird.

Umschmelzverfahren:

a) Tiegelschmelzung ist teuer, verhütet aber eine Berührung des Umschmelzgutes mit dem Brennstoff, was besonders hinsichtlich des Schwefels bedeutungsvoll ist. Für Grauguß selten angewendet.

b) Flammofenschmelzung ermöglicht das Einsetzen großer Stücke, z.B. Walzenbruch, wodurch Zerkleinerungskosten erspart werden. Außerdem kommt das Schmelzgut mit dem Brennstoff nicht in Berührung, sondern nur mit dessen Flamme. Daher hauptsächlich verwendet in der Walzengießerei, Tempergießerei und beim Herstellen großer Qualitätsgußstücke, wie Großgasmaschinenzylinder u. dgl.

c) Kupolofenschmelzung. In einem Schachtofen werden Roheisengattierungen mit Kokszuschlägen zusammen eingeschmolzen. Dabei ist eine Überhitzung nötig, damit das Eisen nicht infolge der Abkühlung beim Transport in den Pfannen und während des Gießens dickflüssig wird.

Gattieren:

Hierunter versteht man das Mischen mehrerer für eine Schmelzung erforderlichen Eisensorten. Es erfolgt auf Grund der Analyse der zu benutzenden Roh-

eisenmarken und Brucheisensorten durch Rechnung unter Berücksichtigung der Veränderungen, welche die Bestandteile durch den Schmelzprozeß erleiden.

Nach Irresberger[18]) sind für die wichtigsten Gußarten folgende Zusammensetzungen des gattierten Eisens zu empfehlen:

a) Bau-, Handels- und Röhrenguß:
Si = 1,50—2,50%.
Mn = 0,50—1,50%.
P = 0,50—1,50%.
S < 0,10%.
Hoch beanspruchter Bauguß für Säulen, Balken u. dgl.:
Si = 1,00—3,00%.
Mn = 0,5—1,00%.
P < 0,50%.
S < 0,09%.
C = 3,60—2,25% insgesamt.

b) Maschinenguß:
1. Weiches Roheisen für dünnwandige und sperrige Teile:
Si = 2,25—3,00%.
Mn = 0,80—1,25%.
P = 0,50—1,00%.
S < 0,07%.
C > 3,60%, insgesamt Graphit > 3,25%.

2. Mittelhartes Roheisen für größere Stücke mit kräftigen Querschnitten:
Si = 1,50—2,25%.
Mn = 0,30—0,80%.
P = 0,50—0,80%.
S < 0,08%.
C = 3,00—4,00% insgesamt.
Graphit = 2,25—3,25%.

3. Hartes Roheisen für hydraulische Preßzylinder und Kolben. Große Stücke mit sehr kräftigen Querschnitten:
Si = 1,10—1,60%.
Mn = 0,30—0,60%.
P = 0,30—0,70%.
S < 0,09%.
C < 3,80% insgesamt.
Graphit < 2,25%.
Ev. bis 30% Stahlzusatz zur Verringerung von C.

4. Roheisen für kleine Reibungsteile, Bremsschuhe, Reibungsklötze:
Si = 2,00—2,50%.
Mn < 0,70%.
P < 0,70%.
S < 0,15%.

5. Roheisen für Dampf- und Gasmotorenzylinder größerer und größter Abmessungen:
Si = 1,00—1,60%.
Mn = 0,75—1,00%.
P = 0,20—0,50%.
S < 0,075%.

c) Kokillenguß:
Si = 1,6—3,00%.
Mn = 0,6—1,20%.
P = 0,6—0,12%.
S < 0,075%.
C = 3,30—4,40% insgesamt.

d) Hartguß:
Si = 0,5—1,00%.
Mn = 0,5—1,25%.
P = 0,15—0,25%.
S < 0,1%.
C < 3,60% insgesamt.
Bis 30% Schmiedeeisen und Stahlzusätze zur Verringerung von C.

e) Feuerbeständiger Guß: z. B. Roststäbe:
Si = 1,00—2,00%.
Mn < 0,5%.
P < 0,3%.
S < 0,7%.
C > 3,5% insgesamt.
Graphitgehalt so niedrig wie möglich. Bruch hellgrau und feinkörnig.

f) Säurebeständiger Guß:
Si = 1,20—1,40%.
Mn = 0,40—0,60%.
P = 0,40—0,60%.
S < 0,05%.
C = 3,00—3,50% insgesamt.

Zusammensetzung der handelsüblichen Gießereiroheisensorten nach Osann[19]):

(Zahlentafel s. S. 261.)

Spänebriketts: Sie werden durch Zusammenpressen zerkleinerter Guß- oder Stahlspäne in zylindrischen Formen (nach Ronay) gewonnen und als Gattierungszusatz in manchen Fällen vorteilhaft verwertet. Durch Brikettzusatz kann der C-Gehalt des Kupolofeneisens bis um 1% verringert werden, der Si-Gehalt brennt bis zu 40% und mehr heraus, das Mn verbrennt ebenfalls teilweise und eine S-Anreicherung tritt ein. Mit Briketts gewonnenes Gußeisen zeigt sehr feinkörnigen und dichten Bruch und ist leicht bearbeitbar:

Beispiele von Gattierungszusammensetzungen[20]):

Guter Maschinenguß: Hämatit — 35%
Gußbriketts — 20%
Stahlbriketts — 5%
(eigene) Trichter — 40%

Zylindereisen: Hämatit — 30%
Gußbriketts — 20%
Stahlbriketts — 10%
(eigene) Trichter — 25%
Zylinderbruch — 15%

Die Gattierungen für Qualitätsguß mit Gußbriketts stellen sich billiger als solche mit Sonderroheisensorten.

Zahlentafel 10.

Markenbezeichnung	C %	Mn %	Si %	S %	P %	Cu %
Rheinisch-Westfälisches Gießereiroheisen (Niederrheinische Hütte						
Hämatit I	3,8—4,0	0,8—1,0	2,5—3,0	0,03	0,07	—
Hämatit II	3,4—3,7	1,00	2,00	0,05	0,08	—
Gießerei I	3,6—3,8	0,8	2,8	0,03	0,4—0,7	—
Gießerei III	3,7	0,75	2,2—2,5	0,03	0,75	—
Kraft-Hämatit (Kratzwiek)	3,8—4,1	0,8	3,0—4,0	0,02	0,06	—
Luxemburger Gießereieisen Nr. III	3,7	0,4	2,4	0,02	1,7	—
Luxemburger Gießereieisen Nr. IV	3,6	0,5	1,9	0,03	1,75	—
Luxemburger Gießereieisen Nr. V.	3,4	0,5	1,4	0,04	1,8—1,85	—
Luxemburger Puddeleisen	2,8	0,35	0,4	0,16	1,7	—
Luxemburger OM-Eisen[1])	3,4	0,4	0,8	0,09	1,65	—
Luxemburger MM-Eisen[2])	3,3	1,6	0,6	0,05	1,65	—
Englisches Gießerei-Roheisen III Gmb[3])	3,6	0,6	2,25	0,04	1,5	—
Englisches Spezial Si-Eisen	2,95	0,6	4,9	0,05	1,2	—
Tempereisen Marke BH[4])	3,5	0,2	1,2	0,09	0,55	—
Tempereisen Marke BHT[4])	3,9	0,5	1,3	0,06	0,06	—
Siegerländer Spezial Grau Feinkorn[5])	—	0,5	2,0	—	0,4	—
Siegerländer Spezial Weiß Feinkorn[5])	—	3,0	0,3	—	0,3	—
Siegerländer Stahleisen	—	4,0—6,0	1,5	0,04	0,06	—
Siegerl. Spiegeleisen 10—12%	4,0	11,0	0,5	0,03	0,06	—
Engl. Ostküsten-Hämatit-Roheisen	—	1—1,25	2—3	0,03—0,07	0,05—0,06	—
Schottisches Gießereieisen						
I Gartsherrie	—	1,15	2,45	0,02	0,75	—
I Summerle	—	1,08	2,85	0,03	0,91	—
III Eglinton	—	2,0	2,38	0,03	0,89	—
Englisches Gießereiroheisen						
III Clarence	—	0,6—0,7	2,80	0,05	1,57	—
Newport	—	0,5	2,75	0,04	1,5	—
Redcar	—	0,58	1,45	0,07	1,67	—
Mathildenhütten-Gießereiroheisen	—	0,5	1,8—2,2	0,02	1,3	—
Ferrosilicium 10%	1,83	0,96	10,0	0,02	0,12	—
Ferrosilicium 50% (elektr. erz.)	0,24	0,6	50,0	0,02	0,03	—
Ferromangan 60%	7,22	60,0	—	—	0,22	0,01
Ferromangan 80%	7,68	80,0	—	—	0,31	0,05
Ferrochrom 60—65% Cr	8—10	—	—	—	—	—
Lothringer-Luxemburger Nr. III	—	0,3—0,4	2,0—2,25	0,01—0,03	1,7—1,85	—
Englisches III Gmb[3])	—	0,72	2,50	0,035	1,50	—
W. C. Hämatit 1, 2, 3[6])	—	0,5—1,0	2,4—3,0	0,048—0,065	0,045—0,055	—
E. C. Hämatit 1, 2, 3[6])	—	1,0—1,25	2,0—3,0	0,03—0,07	0,04—0,06	—

[1]) OM = ohne Mangan; [2]) MM = mit Mangan; [3]) Gmb = Good merchants brands; [4]) Zur Erzeugung von schmiedbarem Guß; [5]) Zur Erzeugung siliciumarmer Gußstücke; [6]) W. C. = West coast; E. C. = East coast.

Berechnen der Gattierung[21]): Diese muß unter Berücksichtigung der Einflüsse erfolgen, welche die Schmelzvorgänge auf die einzelnen Bestandteile des Schmelzgutes ausüben, man muß rechnen nach Osann:

a) beim Flammofenschmelzen:
Siliziumverlust = 25—50%,
Manganverlust = 33—36%,
Kohlenstoffverlust = 10—15%,
Schwefelzunahme = +0,03%,
Phosphorgehalt bleibt unverändert.

b) beim Kupolofenschmelzen:
Siliziumverlust im Mittel = 10%,
Manganverlust im Mittel = 15%,
Schwefelvermehrung = 50%.
Phosphorgehalt bleibt unverändert.
Kohlenstoffgehalt bleibt unverändert, außer bei Zugabe von Schmiedeeisen- oder Stahlabfällen. Solche enthalten durch Aufnahme von C aus dem Koks nach dem Schmelzen etwa 2,5% C, Spänebriketts aus Gußeisen 3,1% C, dieselben aus etwa 1 Teil Schmiedeeisen auf 2 Teile Gußeisen 2,3% C.

Zusätze von Brucheisen werden am besten in gleicher Weise wie die Roheisensätze behandelt.

Beispiel: Die zu erzeugenden Gußeisenstücke sollen folgende Zusammensetzung haben: 2% Si; 0,7% Mn, < 0,1% S.

Die Umschmelzung soll im Kupolofen erfolgen. Abfall an Eingüssen, Steigern usw. betrage 50%, d. h. auf 100 kg fertigen Guß 50 kg Eingüsse, welche dieselbe Zusammensetzung wie die Fertigware haben. Angenommen Si-Abbrand = 10%; Mn-Abbrand = 15% und S-Zunahme = 50%.

a) Ermittlung des Si-Gehalts der Roheisengattierung:

$$100\,\frac{Si}{100}\cdot\frac{90}{100}+50\cdot\frac{2}{100}\cdot\frac{90}{100}=150\,\frac{2}{100}$$

$Si = 2{,}33\%$.

b) Ermittlung des Mn-Gehalts der Roheisengattierung:

$$100\cdot\frac{Mn}{100}\cdot\frac{85}{100}+50\,\frac{0{,}7}{100}\cdot\frac{85}{100}=150\cdot\frac{0{,}7}{100}$$

$Mn = 0{,}88\%$.

c) Ermittlung des S-Gehalts der Roheisengattierung:

$$100\cdot\frac{S}{100}\cdot\frac{150}{100}+50\cdot\frac{0{,}1}{100}\cdot\frac{150}{100}=150\cdot\frac{0{,}1}{100}$$

$S = 0{,}05\%$.

Hierbei ist die Abbrandziffer des Gußeisens nicht in Rechnung gestellt. Zu diesem Zwecke müßte in den Gleichungen auf der rechten Seite statt 150 etwa 148,5 gesetzt werden. Indessen ist der Unterschied im Endergebnis nur ein sehr geringer.

2. Temperguß: Schmelzverfahren sind dieselben wie beim Grauguß.

Gattieren des Tempergußroheiseneinsatzes richtet sich nach der Größe der zu gießenden Teile. Je dünner und kleiner die Stücke sind, um so kleiner müssen die Mn- und Si-Gehalte sein. Die Zusammensetzung des Temperrohgusses kann nach Oberhoffer nach Zahlentafel 11[22]) gewählt werden.

Zahlentafel 11.

	C %	Si %	Mn %	S %	P %
Starke Stücke	2,3—2,5	0,45—0,55	unter 0,4	unter 0,3	unter 0,2
Mittlere Stücke	2,5—2,7	0,60—0,70	„ 0,4	„ 0,3	„ 0,2
Schwache Stücke	2,8—3,3	0,75—1,20	„ 0,4	„ 0,3	„ 0,3
Guter Temperguß im Mittel	2,8—3,3	0,60—0,80	„ 0,4	„ 0,15	„ 0,2

Temperöfen. Meist werden einfache Kammeröfen benutzt, die mit Kohlenfeuerung und abnehmbaren Deckeln versehen sind. In den Kammern werden die gußeisernen Glühköpfe in Stapeln röhrenweise aufgestellt. Meist zwei und mehr Reihen von drei und mehr Tempertopfstapeln. Auch Halbgas- und Generatorfeuerung wird benutzt.

Tempermittel. In Europa meist Roteisensteinpulver in erbs- oder griesgroßen Körnern. In Amerika Hammerschlag als klares, schuppiges Pulver.

Chemische Zusammensetzung fertigen Tempergusses nach Müller[23]):

Aus dem Tiegel: 1,87% C; 0,45% Si; 0,23% Mn; 0,07% P; 0,112% S.

Aus dem Kupolofen: 1,92% C; 0,56% Si; 0,23% Mn; 0,101% P; 0,31% S.

Aus dem Kleinkonverter: Dünnwandiges Stück: 0,87% C; 0,74% Si; 0,28% Mn; 0,101% P; 0,078% S. Stärkeres Stück: 1,18% C; 0,67% Si; 0,22% Mn; 0,108% P; 0,080% S.

3. *Stahlformguß.*

Schmelzverfahren: a) Siemens-Martin-Ofen. Es kommt lediglich das Schrottschmelzverfahren zur Anwendung. Der Einsatz besteht aus höchstens ⅓ Roheisen, sonst aus Schrott (Schmiedeeisenabfälle und Alteisen) und wird im festen Zustande eingesetzt. Als Roheisenzusatz wird Hämatit zusammen mit etwas manganreicherem Roheisen, z. B. Siegerländer Stahleisen verwendet.

Fassungsvermögen des Ofens 10 bis 15 t.

Ofenzustellung: Saure Zustellung ist im Betriebe billiger und einfacher, benötigt aber reinere und daher teurere Rohstoffe. Gelangt da zur Anwendung, wo Gußstücke ohne besondere Qualitätsbedingungen hergestellt werden sollen, oder wo phosphorarmes graues Roheisen und guter Schrott billig zu haben ist. Ergibt Gußstücke größerer Härte.

Basische Zustellung ermöglicht leichter das Erreichen von hohen Dehnungs- und Biegewerten. Ergibt weichere Gußstücke.

Zusätze als Spiegeleisen, Ferromangan, Ferrochrom, Ferrosilizium und Nickel kann man bei saurer Zustellung im Ofen selbst zugeben und einschmelzen. Bei basischer Zustellung wird das Ferrosilizium, weil es zerstörend auf die basische Herdmasse wirkt, am vorteilhaftesten im geschmolzenen Zustande in die Pfanne

gegeben. Elektrometallurgisch erzeugtes hochprozentiges Ferrosilizium kann vorgewärmt, während des Abstichs in die Pfanne gegeben werden.

Vergütung: Sämtliche Stahlgußstücke werden in einem Glühofen langsam auf 800—950° C je nach ihrer chemischen Zusammensetzung erhitzt, einige Zeit auf dieser Temperatur gehalten und dann langsam abgekühlt. Durch das Ausglühen werden Spannungen beseitigt und der Guß vergütet. Der vorher wenig homogene, grobkörnige Bruch wird gleichmäßig und feinkörnig (vgl. Abb. 13 u. 14). Die Festigkeitseigenschaften, besonders der Schlagwiderstand wird günstig beeinflußt.

b) Kleinkonverter. Er gelangt hauptsächlich zur Erzeugung von kleinen, dünnwandigen Stahl- und Flußeisengußstücken zur Verwendung. Es wird ein möglichst phosphor- und schwefelfreies Roheisen im Kupolofen umgeschmolzen, das im kleinen Konverter gefrischt wird. Für dünnwandigen Guß ist das Erzeugnis besonders deshalb geeignet, weil bei dem geringen Gewicht der Chargen eine starke Erhitzung und Dünnflüssigkeit des Bades eintritt. Geringste Wandstärke 3 mm, Gewicht der Gußstücke zweckmäßig nicht unter 0,5 kg.

Fassungsvermögen: 0,5—2 t.

Zustellung: sauer.

Zusammensetzung verschiedener Erzeugnisse des Kleinkonverters nach Hütte[24]):

1. Weiches Flußeisen: C = 0,08%; Si = 0,1%; Mn = 0,15%. Die in dieser Zusammensetzung erblasene Charge wird in die Gießpfanne entleert, wo etwa 0,2% Al zugegeben wird.

2. Flußeisenformguß von 37 bis 44 kg/qmm Festigkeit: C = 0,2%; Si = 0,2%; Mn = 0,6%. Der Charge wird etwa 1% 10proz. Ferrosilizium und 1,5% 80proz. Ferromangan beigegeben.

3. Stahlformguß von 50—60 kg/qmm Festigkeit: C = 0,3%; Si = 0,2%; Mn = 0,6%. Es wird ein Zusatz von 0,15% Si und 1,8% Mn in Form von Ferrosilizium und Ferromangan beigegeben.

4. Stahl von größerer Härte, d. h. höherem C-Gehalt, z. B. C = 0,6%; Si = 0,2%; Mn = 0,85% wird durch Zugeben von Tüten mit abgewogenen Mengen getrockneten, gemahlenen Koks in den flüssigen Stahl erreicht.

5. Verfahren Zenzes besteht darin, daß das Rückkohlen des erblasenen Stahls durch Zusetzen von 2—10% flüssigen Kupolofeneisens von derselben Art mit dem die Konvertercharge erblasen wurde, bewirkt wird.

Der Kleinkonverter wird auch zum Erzeugen von Tempergußmaterial verwendet.

c) Tiegel: Er wird benützt zur Herstellung von Stahl- und Schmiedeeisengüssen für besonders hohe Beanspruchung. Diese werden in Tiegelofen mit Feuerungen für feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe auch im elektrischen Ofen erhitzt.

Fassungsraum eines Tiegels: 20—60 kg.

Tiegelmaterial: Graphit und feuerfester Ton.

Einsatz: Tiegel werden meist im kalten Zustande gefüllt. Der Einsatz besteht für die erlesensten Gußstahlsorten aus Schweiß- oder Zementstahl, für allgemeinen Formguß aus billigen Abfällen von Martin- oder Birnenstahl. Bisweilen werden zum Erzielen dichter Güsse kleine Mengen von grauem Roheisen oder Ferrosilizium mitunter auch Ferromangan beigegeben. Insgesamt Si < 0,6%; Mn < 1%. Zu Weicheisenguß werden namentlich Abfälle von Siegerländer Hufstabeisen und schwedischem Hufnageleisen verwendet. Hochwertiger Tiegelgußstahl wird aus reinem schwedischen Eisen gewonnen.

Bei Stahlguß wird während des Schmelzens der Tiegel mit Deckel verschlossen gehalten. Die Tiegelwandung ist auf die Zusammensetzung der Schmelze von Einfluß.

Rohstoffe der Tiegelstahlerzeugung nach Philips[25]):

Zahlentafel 12.

Bezeichnung	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Schwedischer Herdfrischrohstahl	0,796	0,168	0,24	0,020	0,006
Steirischer Herdfrischrohstahl	0,636	0,244	0,21	0,029	0,011
Steirischer Rosenstahl, beste Qualität	0,943	0,050	0,12	0,011	0,003
Lancashire Handelseisen	0,082	0,050	0,02	0,025	0,003
Kruppscher Puddelstahl	0,795	0,094	0,18	0,012	0,006
Siegerländer Schweißeisen	0,250	0,068	0,15	0,031	0,006
Schwedische Hufnägelabfälle	0,045	0,004	0,21	0,033	0,042

Zusammensetzung von Formgußstücken aus Tiegelstahl nach Philips[26]):

Zahlentafel 13.

Bezeichnungen	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Scheibenräder für Eisenbahnwagen	0,16—0,20	0,18—0,25	0,80—1,00	0,020	0,014
Lokomotivradstern	0,25—0,38	0,18—0,25	1,00—1,20	0,018	0,012
Zahnrad	0,28	0,33	0,37	0,010	0,025
Baggerbüchsen	0,44	0,26	0,56	0,048	0,053
Kollergangplatte	0,49	0,21	0,50	0,049	0,027
Schneckenrad	0,58	0,37	0,53	0,011	0,018
Sprenggranate	0,68—0,75	0,50—0,70	0,60—0,75	0,022	0,019
Ring für Erzwalzen	0,71	0,22	0,73	0,087	0,060
Baggerbolzen	0,80	0,16	0,43	0,011	0,021
Steinbrecherbacken	1,12	0,14	0,62	0,013	0,023

Tiegelgußstahl ist infolge seiner Dünnflüssigkeit besonders auch für das Gießen ganz dünner Wandstärken geeignet.

d) Elektrostahlguß. Das im Elektroofen gewonnene Material besitzt eine große chemische Reinheit und daher besonders gute physikalische Eigenschaften. Der elektrische Strom bietet eine sehr reine Wärmequelle, die entsprechend den im Bade auftretenden Reaktionen leicht reguliert werden kann. Die hohe Ofentemperatur ermöglicht einen gründlicheren Reinigungsprozeß und hat große Dünnflüssigkeit zur Folge neben vollständiger Ausscheidung der im Bade vorhandenen Schlackenteilchen. Durch die gründliche Desoxydation ist eine vollständigere Entgasung als selbst beim Tiegelschmelzverfahren möglich, auch wird das Übergehen von C und Si aus der Tiegelwandung vermieden. Wegen der guten Entgasung bleibt das flüssige Metall in der Pfanne ruhig und gibt reine und saubere Formgußstücke. Die große Dünnflüssigkeit gestattet den Guß von sehr dünnwandigen Stücken auch größerer Abmessungen und sperriger Gestalt. Die gute Regulierbarkeit gibt große Sicherheit beim Erzeugen von Gußmaterial bestimmter chemischer Zusammensetzung.

Ofenarten[27]). Die Stromenergie wird in Wärme umgesetzt durch:

1. Lichtbogenöfen. Die Wärme wird durch den elektrischen Lichtbogen erzeugt, der sie auf das Bad ausstrahlt, wobei oft noch Induktionswirkung hinzukommt. Allgemein werden mit Lichtbogenöfen solche Öfen bezeichnet, die mit Kohlen-Elektroden ausgestattet sind.

Bekanntere Lichtbogenöfensysteme: Chaplet, Elektrometall, Girod, Héroult, Keller, Nathusius, Rennerfelt, Stassano. Die beiden letzteren arbeiten mit reiner Lichtbogenerhitzung.

2. Induktionsöfen. Wie bei einem Wechselstromtransformator wird durch den Primärstrom in dem Metallbade als Sekundärstromkreis ein Induktionsstrom erzeugt, der die Wärmequelle zum Schmelzen darstellt. Mit Induktionsöfen werden allgemein die elektrodenlosen Öfen bezeichnet. Bisweilen wird die Widerstandserhitzung (Joulesche Wärme) in den bei höheren Temperaturgraden leitend werdenden Ofenwänden erzeugt und von diesen an das Bad abgegeben.

Bekanntere Induktionsöfensysteme: Frick, Hiorth, Kjellin, Montluçon, Röchling-Rodenhäuser. Der letztere arbeitet mit Induktionserhitzung in Verbindung mit Widerstandserhitzung in der Ofensohle.

Zustellung: Ofenherd meist basisch selten sauer zugestellt.

Zusammenstellung von Formgußstücken aus Elektroflußeisen und Stahl nach Philips[28]):

Zahlentafel 14.

Bezeichnungen	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Polgehäuse für Dynamomaschinen	0,052	0,008	0,18	0,005	0,006
Eisenbahnwagen-Beschlagteile	0,143	0,163	0,35	0,015	0,010
Lagerteile	0,255	0,235	0,52	0,020	0,012
Windschieber-Rahmen	0,326	0,265	0,64	0,024	0,021
Brückenauflager	0,416	0,318	0,66	0,009	0,012
Kammwalzen	0,435	0,208	0,71	0,031	0,023
Ventilteile	0,586	0,245	0,75	0,021	0,022
Walze für kleine Triostraße	0,635	0,016	0,46	0,010	0,016
Zahnräder	0,660	0,259	0,55	0,010	0,018
Kolben für Gasmotore	0,726	0,185	0,82	0,020	0,014
Zerkleinerungsplatten für Kugelmühlen	0,860	0,300	1,10	0,013	0,018
Lochdorne für Schrägwalzwerke (Mn-Stahl)	0,950	0,250	9,80	0,038	0,014

Schweißen[29]). Das eigentliche Schweißen von Gußstücken durch Vereinigung unter Schweißglut durch Hämmern ist bei Gußeisen nicht möglich, da der teigige Zustand beim Übergang aus dem festen in den flüssigen Zustand, in dem das Schweißen erfolgen muß, bei ihm nicht eintritt. Die fälschlich mit Schweißen bezeichneten Ausbesserungsarbeiten bei Gußeisen und Stahlguß bestehen in einem Zusammenschmelzen.

1. Angießen: Ein Strahl überhitzten Eisens wird auf die auszubessernde Stelle gleichen Metalls geleitet. Dadurch erhitzt sich letztere allmählich bis zum Flüssigwerden und verschmilzt beim Abkühlen mit einem Teil des zugegossenen Eisens zu einem Ganzen. Gußhaut muß vor dem Angießen beseitigt werden. Langsames und vorsichtiges Abkühlen der Angußstelle notwendig, damit unzulässige Härte und Spannungen an der Schweißstelle vermieden werden.

2. Thermitschweißung: Thermit (Dr. Goldschmidt, Essen-Ruhr) ist der Hauptsache nach eine Mischung von Aluminiumpulver und Eisenoxyd, das durch Bariumsuperoxyd, welches mit einem Sturmstreichholz entzündet wird, bei 1500° C, in einem Tiegel zur Reaktion gebracht wird. Thermit brennt bei starker Schlackenbildung schnell herunter: $Fe_2O_3 + Al_2 = Fe_2 + Al_2O_3$, wobei eine Temperatur von 3000° C entsteht. Kleine Bruchstücke werden dem Thermit beigegeben und schmelzen schnell. Bei der hohen Temperatur werden die mit Thermiteisen in Berührung kommenden Graugußstücke sofort flüssig. Auch Stahlguß kann mit Thermit leicht geschweißt werden. Der Thermittiegel wird wie eine Gießpfanne benutzt oder man wählt kegelförmige Tiegel mit Bodenloch, das durch Asbest geschlossen wird. Ist der Tiegelinhalt flüssig, so wird das Loch aufgestoßen und der Tiegelinhalt ergießt sich auf die Schweißstelle.

3. Elektrische Schweißung: Zwischen dem Gußstück als einer Elektrode und der anderen von der Hand geführten Kohlen-Elektrode wird ein Lichtbogen erzeugt, der die Schweißstelle anschmilzt. Ein Stück gleichen Materials dient zum Ausfüllen der Schweißnaht. Bei Verwendung einer Eisenelektrode wird das von dieser abzuschmelzende Material gleichzeitig zum Ausfüllen der Schweißnaht benutzt.

4. Autogenes Schweißen. Mittels einer Gebläseflamme werden die gegeneinander stoßenden Kanten einer Schweißstelle über ihre Schmelztemperatur hinaus erhitzt, so daß sie zusammenschmelzen. Als Brenngase werden Wasserstoff, Leuchtgas und Azetylen benutzt, die mit Sauerstoff unter Druck den einstellbaren Schweißbrennern zugeleitet werden. In den Brennern mischen sich die Gase und entzünden sich. Wasserstoff bewirkt eine Entkohlung des Eisens an der Schweißstelle. Den Azetylenbrenner kann man dagegen so einstellen, daß sich eine neutrale Flamme bildet, die den C-Gehalt der Schweißstelle praktisch nicht beeinflußt.

Bei Grauguß wird zum Ausfüllen der Schweißnaht ein C-reicheres Graueisen mit höherem Si-Gehalt, da ein Teil des Si des Gußstücks verbrennt, benutzt.

Bei Stahlguß verwendet man zweckmäßig Stäbchen gleicher Zusammensetzung wie das Gußstück zum Ausschmelzen der Schweißfuge.

Die verschiedenen Schweißverfahren verlangen große Sachkenntnis und Übung, leisten aber bei Fehlstellen und Reparaturen großer Stücke gute Dienste.

Literatur:

Allgemeines:
Einzelwerke:
Geiger, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, Bd. I u. II, Berlin 1911 u. 1916.
Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, III. Aufl., Leipzig 1901.
Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute, Berlin 1910.
Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, 10. Aufl., Düsseldorf 1919.
Osann, Eisen- und Stahlgießerei, III. Aufl., Leipzig 1918.
Goerens, Einführung in die Metallographie, II. Aufl., Halle 1915.
West, Amerikanische Gießereipraxis, übersetzt von Schott, Berlin 1910.
Lelong u. Mairy, Traité pratique de fonderie, Bd. I u. II, Paris u. Liège 1912.
Zeitschriften:
Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Gießerei-Zeitung, Berlin.
Die Gießerei, München.
Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Berlin.
Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure, Berlin.
Der Betrieb, Selbstverlag des Vereines Deutscher Ingenieure.
Dinglers Polytechnisches Journal.
Mitteilungen des Vereins zur Förderung des Gewerbefleißes, Berlin.
Werkstattstechnik, Berlin.
La fonderie moderne.
The Foundry.
Besonderes:
1. Geiger (s. o.) I, 285ff.
2. Ebenda 288.
3. Ebenda 289.
4. Ebenda 290.
5. Ebenda 256.
6. Ebenda 257.

7. Ebenda 262.
8. Ebenda 263.
9. Ebenda 264.
10. Ebenda 266.
11. Ebenda 268.
12. Osann (s. o.) 198.
13. Ebenda 199.
14. Die Abbildungen sind dem Werke von Goerens (s. o.) entnommen.
15. Geiger (s. o.) I, 232.
16. Hütte (s. o.) 620ff.
17. Ebenda 669.
18. Geiger (s. o.) II, 403ff.
19. Osann 22.
20. Geiger I, 200.
21. Näheres s. Geiger II, 413; Osann 152.
22. Geiger II, 657.
23. Osann 475.
24. Hütte 675.
25. Geiger I, 153.
26. Ebenda 155.
27. Näheres ebenda II, 630ff.
28. Ebenda I, 166.
29. Ebenda II, 394ff.

U. Lohse.

IV. **Schweißeisen;** franz.: fer soudé, fer puddlé; engl.: wrought iron.

Gewinnung und Allgemeines: Schweißeisen ist in nichtflüssigem, teigartigem Zustande erzeugt, daher schlackenhaltig und besteht aus zahlreichen einzeln entstandenen, mitunter chemisch verschiedenen Eisenkörnern. Es wird gewonnen nach dem:

1. Frischfeuerverfahren: Nächst dem Rennverfahren (direkte Darstellung des Eisens aus seinen Erzen im Renn- oder Schmiedefeuer) ältestes Verfahren zur Herstellung schmiedbaren Eisens; auch als „Herdfrischen" bezeichnet. Geringe Verbreitung, vereinzelt noch in Steiermark, Rußland (Ural), Schweden, Asien und Afrika. Rohmaterial: Reinstes Roheisen (am besten weißes), Gußbrocken, auch Zusatz von Stahl oder Feineisenschrott. Ein- bis dreimaliges Umschmelzen. Zuschläge: Hammerschlacke, Sinter usw. Brennmaterial: Reinste Holzkohle, da Brennstoff mit Fertigprodukt in Berührung kommt.

Nachteile: Großer Brennstoffverbrauch, Anwendung teurer Holzkohlen, geringe Produktion, großer Eisenverlust (Abbrand 10—14%); daher ungeeignet zur Massenerzeugung.

Vorteile: Vorzügliches phosphor- und schwefelfreies, best schweißbares, verhältnismäßig schlackenreines Produkt.

2. Herdfrisch- oder Puddelverfahren: Roheisen wird in Berührung mit Sauerstoff abgebender Schlacke (Eisenoxyd, Erz, Hammerschlacke) und auf ebensolchem Futter in Flammöfen (Puddelöfen) mit einem oder zwei Herden (Vorwärmeherd) von 250—500 kg Inhalt eingeschmolzen und von Hand oder maschinell (mitunter auch durch Drehen des ganzen Herdes: Drehpuddeln) gerührt, bis durch Luft und Schlacke die Nebenbestandteile (Kohlenstoff, Mangan, Schwefel, Phosphor, Silizium) oxydiert sind. Das teigige Metall wird in einzelne Klumpen (Luppen) von etwa 60 kg Gewicht geformt, zu einem kleinen Block gehämmert oder gepreßt (um die Schlackenteilchen soweit

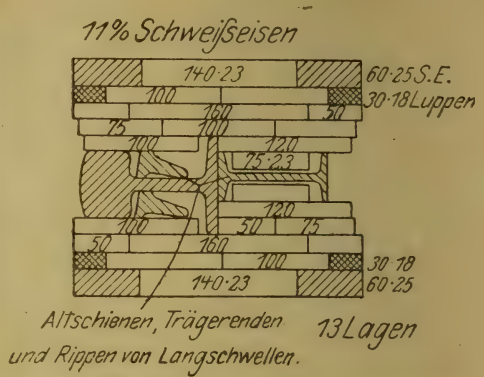


Abb. 1. Schweißpaket mit Schienen und Trägerenden.

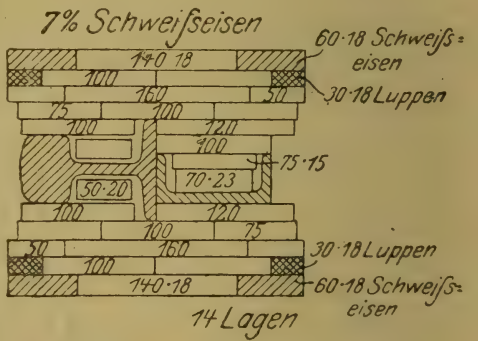


Abb. 2. Paket mit Schienen und Eisenenden.

als möglich herauszudrücken) und zur „Rohschiene" ausgewalzt. Sortieren der Rohschienen nach dem Bruchaussehen, „Paketieren" derselben, mitunter auch mit alten Eisenabfällen (Ausschußstücken, abgeschnittenen Enden der Fertigerzeugnisse, Schrott usw. siehe Abb. 1 bis 4. Die nicht ganz einfache Paketierkunst wird als Betriebsgeheimnis gehütet), Zusammenschweißen der Pakete im Schweißofen und Auswalzen.

Chemische Zusammensetzung und Einteilung:

1. Roheisen:

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %
Lothr. Luxemburger	3,3—3,6	0,2—0,8	0,3—0,6	1,5—2,0	0,1 —0.4	0,15—0,25
Qualitäts-Puddeleisen (weißstrahlig)	3,5—3,8	0,3—1,0	3,0—5,0	0,1—0,5	0,02—0,10	
Puddelspiegel (spiegelig)	4,0—4,5	0,4—0,8	5,5—8,5	0,1—0,15	0,02—0,05	

2. Art des Verfahrens:

Gattierung	P %	S %	Mn %	Si %
Grobkorn (Preßmuttereisen)	1,5 —2,5	bis 0,08	bis 1,8	bis 1,8
Feinkorneisen	0,3—0,4	0,02—0,03	1,8—3,0	1,8—2,5
Gewöhnl. Handelseisen	0,35—0,55	0,02—0,07	1,0—3,0	0,8—2,5

3. Puddelluppen:

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Schlacke %
Sehnig	0,05—0,15	—	0,09	0,09	—	2,0—4,0
Feinkorn	0,5—0,8	0,09	0,15	0,12	0,009	
Stahl	0,35	0,11	0,27	0,07	Spur	

4. Puddelschlacke:

	SiO_2	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3	MnO	CaO	P_2O_5	Eisen
Schweißeisen	15,8	69,5	9,2	n. best.	2,8	n. best.	1,7	60,6
Feinkorneisen	19,4	48,0	13,5	0,3	14,4	0,6	4,2	46,7
Stahl	20,4	61,3	4,9	3,0	n. best.	0,35	n. best.	51,1

5. Im Metall eingeschlossene Schlacke:
(best. n. d. Jodmethode von Eggertz)
$SiO_2 = 0{,}01$
$P_2O_5 = 0{,}42$ } 2,38%
$FeO = 1{,}95$

Gefüge: Gewöhnliches Schweißeisen besteht aus einer Grundmasse von Ferritkristallen, in welche die für das Herstellungsverfahren dieses Eisens so charakteristischen Schlakkeneinschlüsse eingebettet sind (vgl. Abb. 5). Das Handelserzeugnis enthält neben geringen Mengen Kohlenstoff, der als Perlit auftritt, einen schwankenden Gehalt an Mangan, Silizium, Phosphor und Schwefel. Phosphor und Schwefel befinden sich zum größten Teil in fester Lösung mit dem Ferrit, der Rest ist in den Schlackeneinschlüssen enthalten. Abgesehen von den durch die Einschlüsse hervorgerufenen Unterbrechungen weist die Ferritmasse die allgemeinen Kennzeichen des polygonalen Gefüges reiner Metalle auf. Besonders auffallend ist das starke Wachstumsvermögen der reinen Ferritkristalle. Das Gefügebild ist oft gekennzeichnet durch die der Walzrichtung parallelen Schlackenteile (vgl. Abb. 6 Tafel 19) und durch das Fehlen jeglicher Seigerungszone. Die Verteilung des Kohlenstoffes ist (entsprechend der Paketierung von Material mit wechselndem Kohlenstoffgehalt vgl. Abb. 7 Tafel 19) vielfach ungleichmäßig. Abb. 8 Tafel 19 zeigt den Übergang von Perlit und Ferrit (rechts) mit etwa 0,5% C über reinen Perlit (Mitte) mit 0,9% C zu einem Gemisch von Perlit und Zementit (links), das gemäß Analyse 1,5% C besaß.

Eigenschaften des Schweißeisens: Obwohl seine Herstellung in ökonomischer Beziehung als überwunden anzusehen ist und von Jahr zu Jahr abnimmt, bildet sie doch noch einen ziemlich weit verbreiteten Industriezweig. Schweißeisen ist außerordentlich gut schweiß- und schmiedbar, zeigt weder Rot- noch Kaltbruch. Jedes Korn ist entsprechend seiner Herstellung

von Schlackenteilchen umgeben; durch Pressen, Hämmern oder Walzen werden die Eisenkörner zu Fasern oder Sehnen ausgedehnt, welche in die Schlackenmasse eingebettet sind; daher ist auch die Dehnbarkeit und Zähigkeit in der Walzrichtung größer als senkrecht dazu. Es besitzt infolge der lamellaren Anordnung der Fasern geringere Empfindlichkeit gegen Kerbwirkung (daher Verwendung bei Schrauben besonders günstig), da ein Anbruch oder Riß sich nicht durch den ganzen Querschnitt fortzupflanzen vermag, das Material vielmehr Sehne für Sehne durchschlagen werden muß (vgl. Abb. 9), wo-

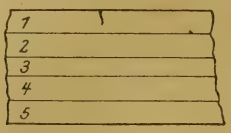


Abb. 9. Rißbildung.

durch die Gefahr plötzlicher Brüche stark vermindert wird. Daher hohe spezifische Schlagfestigkeit (in einzelnen Fällen bis zu 30 mkg/qcm beobachtet) selbst bei verhältnismäßig hohem Phosphorgehalt (etwa 0,13%). Gutes Schweißeisen hat sich besonders bewährt bei Belastungen, die häufig ihre Richtung wechseln. Auch Ermüdungserscheinungen treten schwächer auf, als bei Flußeisen. Versuche mit Kruppschem Dauerschlagwerk ergaben[1]) z. B.:

Bestes Flußeisen (29,7 kg/qmm Streckgr.)
(39,8 „ Festigkeit)
(29,1% Dehnung)
Schläge bis zum Bruch: 1721
Schweißeisen: 2121.

Schweißeisen wird vielfach auch eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Rost und Korrosion, besonders bei dünnen Gegenständen (Dachbleche, Nägel) zugeschrieben, als Flußeisen. Die elektrisch trägen Schlackenteilchen sollen vor Nässe und Sauerstoff (z. B. bei Betriebsleitungen) ähnlich schützen, wie der Graphit das Rosten des Graueisens verhindert. Auch Feuergase sollen Schweißeisen verhältnismäßig wenig angreifen (Siederohre, Trokkenschlangen). Dagegen besitzt es geringere Biegungsfestigkeit, Zugfestigkeit und vor allem eine niedrigere Streckgrenze als Flußeisen; auch besteht die Gefahr des Aufsplitterns. Als großer Vorzug des Schweißeisens gilt, daß es bei plötzlicher oder unsachgemäßer Abkühlung nicht spröde wird. Trotzdem aber wird es mehr und mehr vom Flußeisen verdrängt, da seine Selbstkosten immer noch sehr hoch sind.

Zulässige Spannungen in kg/qcm, nach C. Bach.
(Für vorzügliches Schweißeisen bis zu 30% mehr.)

Art der Belastung	Zug kz	Druck k	Biegung kb	Schub ks	Drehung kd
1	900	900	900	720	360
2	600	600	600	480	240
3	300	—	300	240	120

1 = Ruhende Belastung
2 = Belastung anwachsend von Null bis zum Maximalwert und herabsinkend auf Null;
3 = wechselnde Belastung zwischen einem negativen und einem positiven Maximum.

Festigkeitszahlen für Schweißeisen (‖ zur Sehnenrichtung):

Elastizitätsmaß $E = \frac{1}{\alpha}$	Gleitmaß $G = \frac{1}{\beta}$	Proportionalitätsgrenze σp	Streckgrenze kg/qcm σf	Festigkeit kg/qcm Zug kz	Festigkeit kg/qcm Druck kd
2 000 000	770 000	1300—1500	1900—2300	3300—4000	Abh. von der Streckgrenze

Arbeitsvermögen x = Inhalt der Dehnungsfläche $\frac{cmkg}{cm^3}$ (Abb. 10)	Dehnung % Meßl. = 20 cm	Querschnitts-Verminderung %	Verdrehungsfestigkeit kd
400—700	20—25	40—45	1,0—1,15 kz

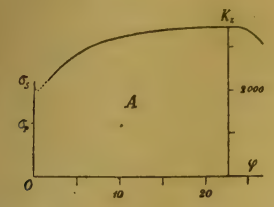


Abb. 10. Spannungskurve für Schweißeisen.

Festigkeitszahlen für Schweißstahl:

Festigkeit kg/qcm		Dehnung %	Arbeitsvermögen cm kg / ccm
ausgeglüht	gehärtet		
4200-4500	5000-6500	8—12	300—600

Verwendung des Schweißeisens: 1. Seine Weichheit und Sehnigkeit macht das Schweißeisen geeignet für die Verarbeitung zu Draht-, Blech-, Stab- und Walzeisen, Siederohren in Lokomotivkesseln, Trockenschlangen für Gebläsewind (in letzteren Fällen ist es schon meist durch Flußeisen verdrängt). Es ist ungeeignet zur Herstellung von Maschinenteilen mit polierter Oberfläche, weil immer eingeschlossene kleine Schlackenteilchen hervortreten können. Dagegen ist es noch bevorzugt für Ketten, Lasthaken, Niete für Eisenkonstruktionen, gern auch für Konstruktionsteile, die starken Stößen ausgesetzt sind, insbesondere, wenn außer dauernden Stößen noch gefährliche Kerbwirkungen in Betracht kommen, wie z. B. bei Schrauben.

Noch viel verwendet wird es als Ausgangsmaterial zur Herstellung von sog. Zementstahl, auch Blasenstahl genannt (hergestellt durch Einsetzen von Schweißeisen in Holzkohlepulver und langsames Glühen unter Luftabschluß). Blasenstahl besitzt blättriges Gefüge, ist brüchig und sein Kohlenstoffgehalt ist ungleichmäßig verteilt; er kann daher ohne weiteres nicht verwendet werden und muß durch wiederholtes Schweißen (Gärb- oder Raffinierstahl, gilt als bester Schweißstahl) oder Umschmelzen desselben im Tiegel (Tiegelstahl) verbessert werden. Viel angewandt zur Herstellung von Schneidwerkzeugen, hauptsächlich aber von Messerklingen, Federn, Sensen, Sicheln (Steiermark).

Schweißstahl, mit 0,5 bis 0,8 % Kohlenstoff, wird nur noch vereinzelt gebraucht zum Verstählen von Werkzeugen.

Lieferungsvorschriften (aufgestellt vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute):

a) Bauwerk-Schweißeisen. Das Eisen soll dicht, gut stauch- und schweißbar, weder kalt- noch rotbrüchig, noch langrissig sein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenrisse, noch offene Schweißnähte oder sonstige unganze Stellen haben.

Von je 100 Stücken können 3 Proben, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfallenden, entnommen werden. Wenn sie den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stücke als angenommen. Genügt eine dieser 3 Proben nicht, so dürfen dafür aus der betreffenden Materialmenge 2 neue entnommen werden. Entspricht eine von diesen wiederum den Anforderungen nicht, so kann das Material verworfen werden.

Es müssen mindestens betragen:

1. bei Flacheisen, Formeisen (Winkel-, Rund-, Vierkant-, Träger- und ähnlichem Walzeisen) und bei solchen Blechen, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden,

in der Längsrichtung die Zugfestigkeit, wenn die Dicke beträgt:

10 mm oder weniger . . . . 36 kg/qmm,
mehr als 10 mm bis einschl. 15 mm . . . . . 35 „ ,
mehr als 15 mm bis einschl. 25 mm . . . . . 34 „ ,

die Dehnung bis zum Bruche in allen Fällen 12 %.

Mit Rücksicht auf die Herstellungsart des Trägereisens müssen bei diesem m Steg die Festigkeit um 1 kg und die Dehnung um 2 % geringer, als in den Flanschen bemessen werden.

2. bei Eisen für Niete, Schrauben u. dgl.

a) bis zu 25 mm einschl. Durchmesser: in der Längsrichtung die Zugfestigkeit . . . . . 38 kg/qmm,
die Dehnung . . . . . 18 %,

b) von mehr als 25 bis einschließlich 40 mm Durchmesser:
die Zugfestigkeit . . . . . 36 kg/qmm,
die Dehnung . . . . . 15 %.

3. bei Zores-Eisen:
die Zugfestigkeit . . . . . 33 kg/qmm,
die Dehnung . . . . . 6 %.

b) Flacheisen- und Formeisen.

1. Biegeproben. Längsstreifen müssen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne daß sich an der Biegungsstelle ein Bruch im Eisen zeigt. Der Winkel α, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt in Graden

für Biegung in kaltem Zustande:

$\alpha = 50^0$ bei Eisendicken d = 8 bis 11 mm
$\alpha = 35^0$ „ „ d = 12 „ 15 „
$\alpha = 25^0$ „ „ d = 16 „ 20 „
$\alpha = 15^0$ „ „ d = 21 „ 25 „

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande:

$\alpha = 120^0$ bei Eisendicken d = bis 25 mm
$\alpha = 90^0$ „ „ d = über 25 „

2. Ausbreitproben. Im rotwarmen Zustande muß ein auf kaltem Wege abgetrennter 30 bis 50 mm breiter Streifen eines Winkeleisens, Flacheisens oder Bleches mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das $1\frac{1}{2}$-fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren einer Trennung im Eisen zu zeigen.

Wird Bauwerkeisen auf genaue Länge verlangt, so sind folgende Abweichungen zulässig:

1. Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen
Mehrlängen bis zu 20 mm.
2. Bei Trägereisen
Mehrlängen bis zu 50 mm.

Die Normalgewichte werden aus den Abmessungen und aus dem spezifischen Gewichte abgeleitet.

Von diesen rechnungsmäßigen Gewichten sind folgende Abweichungen zulässig:

1. Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen
im Ganzen ein Mehrgewicht bis zu 3%,
für einzelne Stäbe ein Mehrgewicht bis zu 5% und
ein Mindergewicht bis zu 2%.
2. Bei Trägereisen
± 6% mit der Maßgabe, daß bei größeren Bestellungen eines und desselben Profils eine größere Genauigkeit vereinbart werden kann.

Werden die für einzelne Stäbe oder Platten angeführten Gewichtsabweichungen überschritten, so können die betreffenden Teile zurückgewiesen werden.

c) Bleche aus Schweißeisen.

1. Behälterbleche. Es sind Bleche von zweierlei Güte zu unterscheiden, welche als Qualität I und II bezeichnet werden.

Die Zerreißfestigkeit auf das Quadratmillimeter und die Dehnung sollen mindestens betragen:

	Qualität I		Qualität II	
	Festigkeit in kg	Dehnung in %	Festigkeit in kg	Dehnung in %
längs der Faser	35	7	31,5	5
quer zur Faser	28,5	5	27,5	3

Bei der Warmbiegeprobe müssen die Probestreifen vor dem Bruche eine Biegung aushalten bis zu folgenden Winkeln:

	bei Qualität I	bei Qualität II
längs der Faser	125°	90°
quer zur Faser	90°	60°

Bei der Kaltbiegeprobe müssen diese Winkel sein:

Bei einer Blechdicke von	Qualität I		Qualität II	
	längs Grad	quer Grad	längs Grad	quer Grad
5 mm und weniger	90	40	75	30
6— 8 mm	70	30	55	20
9—11 „	50	20	45	15
12—16 „	35	15	30	10
17—19 „	25	10	20	5
20—22 „	20	5	15	—
23—25 „	15	5	10	—

2. Kesselbleche. Es sind drei Sorten Kesselblech zu unterscheiden:
1. Feuerblech,
2. Bördelblech,
3. Mantelblech.

Aus Feuerblech müssen alle die Teile der Kesselwandung gefertigt werden, welche die erste strahlende Hitze des Feuerherdes aufzunehmen haben. Zu den Flammrohrschüssen und zu den Teilen, welche gebördelt oder gekrempt werden, wie z. B. Böden, Dome, Stutzen u. dgl. ist Bördelblech zu verwenden. Alle anderen Teile der Kesselwandung dürfen aus Mantelblech gefertigt werden.

Die Zerreißprobe soll folgende Mindestzahlen bei Blechen bis zu 25 mm Dicke ergeben:

Qualität Faserrichtung	Feuerblech		Bördelblech		Mantelblech	
	längs	quer	längs	quer	längs	quer
Festigkeit in kg a. d. qmm . .	36	34	35	33	33	30
Dehnung in %	18	12	12	8	7	5

Jede Ziffer der Festigkeit oder Dehnung darf um die Zahl 1 kleiner sein, als die betreffende Mindestzahl, wenn die zugehörige andere Mindestzahl um ebensoviel größer ist.

Bei Blechen von mehr als 25 mm Dicke

verringert sich die Festigkeit bei Vergrößerung der Dicke um je 2 mm stets um 0,5 kg auf das Quadratmillimeter des ursprünglichen Querschnitts, so daß z. B. die Festigkeit nur zu betragen braucht:

bei Dicken von	bei Feuerblech-Qualität die Festigkeit		bei Bördelblech-Qualität die Festigkeit		bei Mantelblech-Qualität die Festigkeit	
	längs kg	quer kg	längs kg	quer kg	längs kg	quer kg
26—28 mm	35,5	33,5	34,5	32,5	32,5	29,5
28—30 „	35,0	33,0	34,0	32,0	32,0	29,0
30—32 „	34,5	32,5	33,5	31,5	31,5	28,5
32—33 „	34,0	32,0	33,0	31,0	31,0	28,0

Soll also beispielsweise ein Blech zum Kesselmantel von 30 mm Dicke doch die Festigkeit von 83 kg längs und 30 kg quer der Faser haben, so muß es in Bördelblechqualität bestellt werden.

Die Zerreißfestigkeit muß in keinem Falle mehr als 40 kg a. d. qmm betragen.

Die Blechstreifen müssen sich bis zu folgenden Winkeln biegen lassen:

1. im kalten Zustande bis zu einem Winkel von

bei einer Blechdicke von	bei Feuerblech		bei Bördelblech		bei Mantelblech	
	längs Grad	quer Grad	längs Grad	quer Grad	längs Grad	quer Grad
6—8 mm	130	110	110	90	70	45
8—10 „	120	100	100	80	65	40
10—12 „	110	90	90	70	60	35
12—14 „	100	80	80	60	55	30
14—16 „	90	70	70	50	50	25
16—18 „	80	60	60	40	45	20
18—20 „	70	50	55	30	40	17
20—22 „	60	40	50	25	35	15
22—24 „	55	30	45	20	30	12
24—26 „	50	20	40	15	25	10

2. im warmen Zustande bis zu einem Winkel von

Bei einer Blechdicke von	bei Feuerblech		bei Bördelblech		bei Mantelblech	
	längs Grad	quer Grad	längs Grad	quer Grad	längs Grad	quer Grad
beliebiger Größe	180	180	180	150	150	100

Blechstreifen von etwa 100 mm Breite müssen im rotwarmen Zustande quer zur Walzrichtung mindestens auf das $1\frac{1}{2}$-fache ihrer Breite ausgebreitet werden können, ohne an den Kanten oder auf der Fläche Risse zu erhalten. Blechstreifen im rotwarmen Zustande mit Lochstempel gelocht in einer Entfernung vom Rande, die gleich der halben Dicke des Streifens ist, dürfen vom Loch nach der Kante nicht aufreißen.

d) Stabeisen (Handelseisen).

Das Eisen soll dicht, gut stauch- und schweißbar, weder kalt- noch rotbrüchig, noch langrissig sein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenrisse, noch offene Schweißnähte oder sonstige unganze Stellen haben.

Die nachstehend als maßgebend bezeichneten Festigkeits- und Dehnungszahlen gelten für Flach- und Winkeleisen nur bis zu 25 mm Dicke. Werden Proben von dickeren Stücken verlangt, so müssen diese durch Walzen und Schmieden auf die obigen Abmessungen herabgearbeitet werden.

Die Zerreißversuche müssen mindestens die Summe der Zahlen für Festigkeit und Dehnung ergeben.

Für gewöhnliches Handelseisen sind Proben mit Bürgschaftspflichten weder üblich noch erforderlich. Es sind vielmehr nur folgende zwei Qualitäten zu unterscheiden:

1. Nieteisen-Qualität (best best).
2. Hufstabeisen-Qualität (best).

1. Nieteisenqualität. Ausgeschnittene Stücke aus Flach- oder Winkeleisen von 30 bis 40 mm Breite, nicht über 16 mm dick, Vierkant- und Rundeisen bis 25 mm dick, die Kanten mit der Feile abgerundet, sollen sich kalt zu einer Schleife biegen lassen mit einem lichten Durchmesser gleich der Dicke des Eisens, ohne Spuren einer Trennung zu zeigen.

Im warmen Zustande sollen Probestücke, wie vorstehend angegeben, sich ganz zusammenlegen lassen und soll ein Stück Rundeisen von der doppelten Länge seines Durchmessers auf die Hälfte seiner Länge zusammengetaucht werden können, ohne Risse zu zeigen.

Zugfestigkeit 36 kg a. d. qm,
Dehnung 18%.

2. Hufstabeisenqualität. Ausgeschnittene Stücke aus Flach- oder Winkeleisen von 30—50 mm Breite, nicht über 16 mm Dicke, Vierkant- und Rundeisen bis 25 mm dick, die Kanten mit der Feile abgerundet, sollen sich kalt zu einer Schleife biegen lassen mit einem lichten Durchmesser gleich der doppelten Dicke des Eisens, ohne Spuren einer Trennung zu zeigen.

Im warmen Zustande sollen Probestücke, wie vorstehend angegeben, sich zu einer Schleife biegen lassen mit einem lichten Durchmesser gleich der Dicke des Eisens, ohne Risse zu zeigen.

Zugfestigkeit 35 kg a. d. qm,
Dehnung 15%.

Die vom Bundesrat erlassenen Vorschriften über die für Dampfkessel zu verwendenden Materialien sind in einigen Punkten schärfer. So wird verlangt:

Qualität I: a) Stabeisen für Anker, Stehbolzen, Niete, bis einschließlich 25 mm Durchmesser k_z = 3500—4000 kg/qcm Bruchdehnung > 20 v. H.

b) Bleche (Feuerbleche für Dampfkessel)

	V. d. Eisenhüttenleute	Bundesrat
Bruchdehnung in der Längsrichtung . . .	>18	>20
Bruchdehnung in der Querrichtung	>12	>15

Qualität II: Bleche (Bördelbleche für Dampfkessel).

	V. d. Eisenhüttenleute	Bundesrat
Bruchdehnung längs .	>12	>15
Bruchdehnung quer . .	> 8	>12

Literatur:

F. Faulenbach, Hüttenkunde, Hainichen 1903.
H. Hahn, Eisenhüttenkunde, Berlin 1906.
P. Stephan, Die Festigkeitseigenschaften der Konstruktionsmaterialien des Maschinenbaues, Berlin 1911.
C. Briskar, Eisenhüttenkunde, Leipzig 1907.
Verein deutscher Eisenhüttenleute, Vorschriften für die Prüfung von Eisen und Stahl; Düsseldorf 1901.
Zeitschriften:
Stahl und Eisen, Düsseldorf.
The Iron Age, New-York.
Einzelabhandlung:
Dr. Schmidt, Mitteilungen aus der Materialprüfanstalt a. d. Eidgen. Techn. Hochschule, Zürich 1913, Heft 10b.
Besonderer Hinweis:
1. Stahl und Eisen, **1914**, 1210.

E. Piwowarsky.

V. Werkzeug- und Spezialstähle (Sonderstähle).

Einleitung.

Man unterscheidet bei den Werkzeug- und Spezialstählen:

a) Reine Kohlenstoffstähle, bei denen neben Eisen, abgesehen von geringen Mengen Mangan, Silizium, Phosphor, Schwefel, Kupfer und Arsen nur Kohlenstoff in größerem Prozentsatz zur Veränderung der Eigenschaften zugesetzt wird. Diese Stähle werden als binäre Werkzeugstähle bezeichnet.

b) Ternäre Stähle, bei denen neben Kohlenstoff entweder Silizium, Mangan, Nickel, Wolfram, Chrom, Molybdän oder andere Spezialelemente in bestimmten Mengen zugegen sind.

c) Quaternäre oder komplexe Stähle, bei denen neben Kohlenstoff zwei der obengenannten Zusatzelemente vertreten sind.

Über die Bedeutung der auch legierte Stähle genannten Gruppen b und c, werden, im Gegensatz zur Gruppe a sagt Le Chatelier, daß man in reinen Kohlenstoffstählen wohl auch Festigkeiten bis 100 kg auf den qmm erreichen könnte, aber daß die Sprödigkeit bei harten Stählen so groß sei, daß sie bei Maschinenteilen, die dauernden Erschütterungen ausgesetzt sind,

nicht verwertet werden können. Dem gegenüber weisen die Spezialstähle, also Stähle der Gruppe b und c große Härte bei großer Zähigkeit auf, so daß man bei gleicher Härte bei Verwendung von Spezialstählen bedeutend sparsamer dimensionieren kann, wodurch der höhere Preis einigermaßen ausgeglichen wird. Im folgenden seien im Rahmen der oben gegebenen Einteilung die einzelnen Stähle besprochen.

1. **Kohlenstoffstähle:** franz.: acier dur; engl.: hard steel.

Chemische Natur: 0,6—1,6% Kohlenstoff in Form von Eisenkarbid. Der Gehalt an Silizium und Mangan ist in der Regel geringer als 0,3%, der an Schwefel und Phosphor geringer als 0,03%.

Formarten: Mit steigendem Kohlenstoffgehalt sinkt die Umwandlung der γ-Modifikation von rund 900 auf 700° bei 0,9% Kohlenstoff, um bis 1,7% Kohlenstoff wieder auf 1145° anzusteigen. Die Ausscheidungstemperatur des Eutektoids (Perlit) bleibt unverändert bei rund 700°. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt wird bei langsamer Abkühlung aus dem Schmelzfluß das Korn vergröbert.

Mikroskopische Untersuchung: Zur Prüfung der Gleichmäßigkeit der Phosphorverteilung kommt die beim Flußeisen übliche Ätzung mit Kupferammoniumchlorid nicht in Frage, da der hohe Kohlenstoffgehalt die Schärfe der Ätzung beeinträchtigt. Abb. 1, Tafel 20 (nach Oberhoffer) zeigt einen mit dem Oberhofferschen Ätzmittel geätzten Teil eines unverarbeiteten Blocks, in welchem die hellen Stellen die phosphorärmeren, die dunklen die phosphorreicheren Teile darstellen. Die Zusammensetzung des Ätzmittels ist folgende:

500 ccm dest. Wasser
500 ccm Alkohol
0,50 g Zinnchlorür
1 g Kupferchlorid
30 g Eisenchlorid
50 ccm Salzsäure.

Bei Ätzung mit alkoholischer Salpetersäure wird überschüssiger Ferrit sowie Zementit nicht gefärbt und kann daher ohne weiteres nicht unterschieden werden. Der eutektoide Bestandteil mit 0,9% Kohlenstoff zeigt Schwarzfärbung, obwohl das Eutektoid Perlit aus Ferrit und Zementitlamellen besteht, die bei starker Vergrößerung deutlich wahrgenommen werden können. Tatsächlich tritt auch keine Färbung der Lamellen auf, sondern die wegen ihrer Härte durch das Polieren höher stehende Zementitlamelle wirft infolge des schräg auffallenden Lichtes einen Schatten, so daß eine Färbung vorgetäuscht wird (s. schematische Skizze Abb. 2).

Abb. 2.
Schematische Darstellung eines Schnitts durch Perlit.

Hat der Stahl unter 0,9% Kohlenstoff, so tritt neben dem Eutektoid Ferrit, bei 0,9—1,7% Kohlenstoff neben dem Eutektoid Zementit auf. Die Zunahme des Ferrits beträgt für Abnahme je eines Zehntels Kohlenstoff rund 11%, die des Zementits bei Zunahme je eines Zehntels Kohlenstoff 1,7%. Eine einfache Unterscheidung, ob der neben dem Eutektoid ausgeschiedene Bestandteil Ferrit oder Zementit ist, beruht auf der großen Verschiedenheit der Härte. Eine gewöhnliche Stahlnadel ritzt auf einem polierten und geätzten Schliff das Ferritkorn, während die Zementitausscheidung nicht verletzt wird, wie Abb. 3, Tafel 20 (nach P. Goerens) zeigt.

Natriumpikrat ätzt den Zementit dunkel, während die übrigen Bestandteile nicht angegriffen werden. Der fettfreie, gut polierte Schliff wird 5—10 Min. im Ätzmittel auf 100° (am besten im Wasserbad) erhitzt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß Zementitausscheidungen nur bis zu einer gewissen Größe gefärbt werden. Die im Perlit ausgeschiedenen Zementitlamellen werden nicht mehr angegriffen. Abb. 4 u. 5, Tafel 20 (nach Oberhoffer) zeigen einen übereutektoiden Stahl einmal mit Salpetersäure, das andere Mal mit Natriumpikrat geätzt. Andere Ätzungen s. Flußeisen.

Thermische Analyse und Zustandsdiagramm: Während bei Stählen unter 0,9% Kohlenstoff der Punkt der beginnenden Ausscheidung von Ferrit aus der festen Lösung ($\gamma \rightarrow \alpha$ Umwandlung) durch einen Knick in der Abkühlungskurve ersichtlich ist, der bei der Umsetzung der auf 0,9% Kohlenstoff angereicherten festen Lösung in Perlit in einen Haltepunkt übergeht, tritt bei Gehalten über 0,9% Kohlenstoff nurmehr der untere Haltepunkt (Perlitpunkt) auf. Die Zementitausscheidung löst nur eine so kleine Wärmemenge aus, daß die entsprechende Kurve thermisch nicht festlegbar ist. Sie konnte nur mikroskopisch ermittelt werden (s. Eisen-Kohlenstoffdiagramm, Flußeisen, II Abb. 44).

Mechanisch-technische Eigenschaften: Reine Kohlenstoffstähle zeichnen sich durch hohe Festigkeit, geringe Dehnung und Kontraktion aus und besitzen bei geringer Schlagfestigkeit sehr große Härte. Je nach dem Grade des Härtens und Anlassens wechseln diese Eigenschaften beim Werkzeugstahl in weiten Grenzen. (Über die Veränderlichkeit dieser Eigenschaften mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt im normalen Zustande s. den entspr. Abschnitt Flußeisen, II).

Elektrische und magnetische Eigenschaften: s. Flußeisen, II.

Wärmebehandlung: Schmieden, Hämmern, Walzen: Der im Stahlwerk gegossene Block muß zur Weiterverarbeitung gewalzt, geschmiedet oder gehämmert werden. Die Temperatur darf zur Verhütung der Überhitzung nicht zu hoch gewählt werden (kohlenstoffreiche Stähle werden leichter überhitzt als weiches Material), aber auch bei zu niedriger Temperatur darf das Schmieden nicht erfolgen, da sonst der Kraftbedarf zu sehr steigt. Stähle mit Kohlenstoffgehalten bis 0,9% müssen im Temperaturgebiet der festen Lösung geschmiedet werden, da bei ungenügender Erhitzung die nicht in Lösung gegangenen Ferritkörner nach erfolgter Abkühlung die erwünschte Kornverfeinerung verhindern würden. Stähle mit 0,9% Kohlenstoff haben nur einen Umwandlungspunkt (Perlitpunkt) und können also kurz oberhalb dieses bearbeitet werden. Material mit über 0,9% Kohlenstoff soll insbesondere bezüglich der Zementitverteilung ein möglichst gleichmäßiges Gefüge besitzen. Es soll daher beim Schmieden dieser Stähle hauptsächlich die Zerkleinerung der Zementitnadeln, die infolge ihrer großen Ausdehnung Ungleichmäßigkeiten bewirken, angestrebt und mithin möglichst kurz oberhalb des Perlitpunktes, d. h. nach erfolgter Ausscheidung der Zementitnadeln aus der festen Lösung das Schmieden vorgenommen werden, so daß die Verteilung der zertrümmerten Zementitnadeln gleichmäßig ist.

Wichtig ist bei öfteren Anwärmen vorsichtige Erhitzung des Stahls, da bei etwaigen Spannungen durch schnelle Erhitzung leicht Risse auftreten können.

Ausglühen: Jedes Material muß nach der Verarbeitung ausgeglüht werden, um das Gefüge gleichmäßig zu gestalten oder feinkörniger zu machen und Spannungen zu beheben. Das Glühen ist bei untereutektoiden Stählen kurz oberhalb des Ac_3, bei eutektoiden und übereutektoiden Stählen kurz oberhalb des Perlitpunktes vorzunehmen.

Härten: Die Härtung erfolgt zur Zurückhaltung der festen Lösung und gleichzeitigen Erzeugung des feinsten Kornes kurz oberhalb der γ-Umwandlung bei Stählen bis 0,9% Kohlenstoff. Übereutektoide Stähle, deren Zementit durch Schmieden bereits feinkörnig verteilt ist, werden oberhalb des Perlitpunktes gehärtet, da der Zementit (Eisenkarbid) härter ist als die zurückgehaltene feste Lösung (Martensit). Die Härtung erfolgt praktisch 30—40° oberhalb der Umwandlung, um sicher zu gehen, daß diese tatsächlich vollzogen ist und daß beim Härten ein geringer Temperaturabfall in der Zeit des Ausnehmens aus dem Glühofen bis zum Eintauchen in das Härtemittel das Material nicht unter die Grenztemperatur abkühlt. Das auf Härtetemperatur gebrachte Material muß so lange auf dieser Höhe gehalten werden, bis strukturelles Gleichgewicht auch im inneren Kern des Stahls gewährleistet ist. Durch die praktische Bestimmung der Härtetemperatur nach Metcalfs läßt sich leicht die ungefähre Temperatur bestimmen, die für die Härtung am günstigsten ist. Eine etwa 15—20 mm starke Stange des zu prüfenden Materials wird alle 15 mm von einem Ende aus 8—10mal eingekerbt und an diesem Ende in einem Schmiedefeuer bis zum Funkensprühen erhitzt. Je weiter die einzelne Kerbe von dem Ende des Stabes entfernt ist, desto geringer ist auch die Temperatur. Nach erfolgter Härtung kann aus dem Bruch in den einzelnen Kerben die richtige Temperatur annähernd bestimmt werden. Abb. 6, Tafel 21 zeigt einige Bruchstellen. Die bei richtiger Härtetemperatur abgeschreckte Probe weist den feinsten Bruch auf. Zwecks genauer Feststellung der Temperatur muß bei eutektoiden und übereutektoiden Stählen der Perlitpunkt durch die Erhitzungskurve festgelegt werden. Bei untereutektoiden Materialien kann der Umwandlungspunkt auch mikroskopisch bestimmt werden: Kleine Probestückchen des Materials werden im Salzbad erhitzt und abgeschreckt. Das Gefüge zeigt, solange die Umwandlung nicht erreicht wurde, ungelösten Ferrit und feste Lösung, während mit Erreichung der Umwandlung aller Ferrit gelöst ist.

Anlassen: Das nach dem Härten erfolgende Anlassen (s. a. Flußeisen) kann, wenn nicht pyrometrisch, durch die Anlauffarbe bestimmt werden, die bei folgenden Temperaturen auftritt:

Anlauffarbe	Temperatur ° C
hellgelb	220
gelbbraun	250
rotbraun	265
violett	285
hellbraun	310
grau bis grün	330

Diese Angaben gelten jedoch nur für den Augenblick des Erreichens der Anlauffarbe. Nachfolgende Tabellen zeigen die verschiedenen Temperaturen zum Schmieden, Härten und Anlassen von Werkzeugen:

% Kohlenstoff

0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40

Leicht schweißbar mit Sand ..... Borax ..... schwierig ..... gar nicht

Schmiedetemperatur .....1000° .....950° .....900°..... 850° ..... 800°.....750°

Härtetemperatur ..... 850° ..... 800° ..... 750°

ungehärtet Telephon-, Telegraphen-, Takelage-Seile. Draht gehärtet Kraftleitungs-, Aufzüge. Klavier-Saiten. Feilen: Raspeln, mittelgrobe, feine.

Holzschrauben, Stanzbleche. Nahtlose Rohre Dampfkessel — Fahrräder. Federn. Spiral—Eisenbahnwagen Jalousien Große Uhren Taschenuhren. Reibahlen.

Wagenachsen. Säbel. Messer: Tisch-, Schlacht-, Chirurgische, Schnitz-, Taschen-, Rasier-

Geschmiedete Maschinenteile. Panzer-Kanonen, Zapfen, Friktionsteile. Gewehrläufe. Weiche Sensen. Steinmetzwerkzeuge. Fuchsschwänze. Gewinde- Schneide-Bohrer — Fräser. Drehstähle.

Bleche: Dampfkessel, Fahrzeuge, Schutzschilder. Panzergranaten. Sägen: gewöhnliche, Kreis-, Band-. Dorne: gehärtet — ungehärtet

Träger — Spanten. Schienen — Bandagen. Tischlerwerkzeug. Äxte. Scheeren: kalt — warm. Matrizen

Radreifen — Schlittenkufen Warmkreissägen. Nietmeißel. Meißel: kalt, warm

Anlaßtemperatur	Werkzeug
125—150°	Meßwerkzeuge (10 Stunden oder länger)
180—200°	Alle Schneidwerkzeuge aus Kohlenstoffstahl, wie Dreh- und Hobelstähle, Bohrer, Fräser, Reibahlen, Senker.
200—225°	Alle obigen Werkzeuge, wenn sie durch ihre Form oder Arbeit dem Brechen sehr ausgesetzt sind, wie dünne Bohrer, Gewindebohrer, Schaftfräser, feine Schneideisen.
225—275°	Alle Schneidewerkzeuge aus Schnelldrehstahl.
250—280°	Werkzeuge für Holzbearbeitung.
275—300°	Meißel, Federn, Schlagwerkzeuge.

In folgender Tabelle sind nach Mars einige Beispiele von gebräuchlichen Kohlenstoffstählen angeführt:

Verwendungszweck	Kohlenstoffgehalt %
Sensen, Maschinenteile, Besteckstanzen, Schmiede- und Schnellhämmer	0,60—0,70
Gesenke, Warmmatrizen	0,70—0,80
Schrotmeißel, Schermesser, Lochstempel, Holzbearbeitungswerkzeuge, Gruben- und Steinbohrer	0,80—0,90
Alle Arten Bohrer, Hand- und Preßluftmeißel, Körner, Stempel	0,90—1,05
Gewindeschneidbacken, Stiftenbacken, Reibahlen, Spiralbohrer, Prägestempel, Schnitte	1,05—1,15
Bohrer, Feilhauermeißel, Lochstempel, Drehmesser	1,15—1,25
Mühlpicken, Kronhämmer, Papier- und Tabakmesser	1,25—1,35
Drehmesser, Gesteinbohrer, Steinbearbeitungswerkzeuge	1,35—1,45
Drehmesser, Rasiermesser, Fräser	1,45—1,60

2. **Siliziumstähle:** franz.: acier au silicium; engl.: silicium steel.

Chemische Natur: Dem Eisen wird Silizium bis zu 4% zugesetzt. Das Silizium bildet bei diesen Prozentsätzen mit dem Eisen Mischkristalle (feste Lösung), begünstigt aber die Abscheidung des Kohlenstoffs als Graphit oder Temperkohle.

Formarten: Die α-Form ist mit steigendem Siliziumgehalt bei höheren Temperaturen beständig. Nach Gontermann liegt die Umwandlung in einem Stahl mit 1,08% Silizium und 0,86% Kohlenstoff bei 701°, in einem Stahl mit 4,12% Silizium und 0,72% Kohlenstoff bei 765°, während 8% Silizium bei 0,8% Kohlenstoff die Umwandlung auf 1000° erhöht. Abb. 7 zeigt die Veränderung der

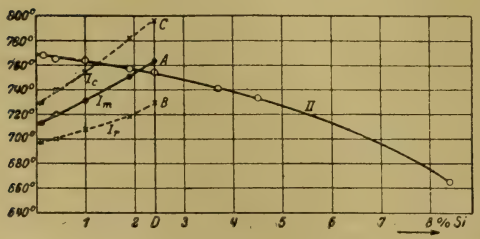


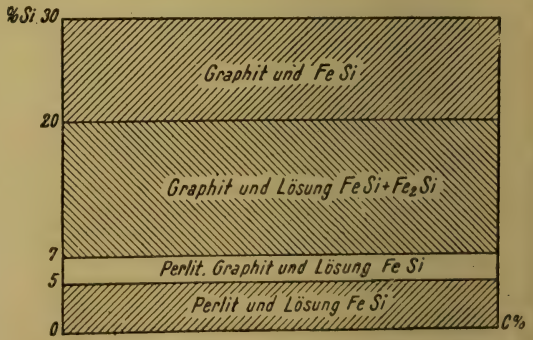
Abb. 7.
Veränderung der Haltepunkte bei Siliziumstählen (nach Gumlich.)

Haltepunkte und zwar von A_1 und A_2 (nach Gumlich). Obwohl auch A_3 bei 900° gefunden wurde, wurde dies wegen der unsicheren Messung nicht mit aufgenommen.

Kristallformen: Wie beim gewöhnlichen Eisen, nur tritt von 2% Silizium an starke Kornvergrößerung auf.

Mikroskopische Untersuchung: Zufolge der bereits erwähnten Eigenschaft des Siliziums, mit dem Eisen feste Lösung zu bilden, ist eine mikroskopische Veränderung nicht zu erwarten. Abb. 8, Tafel 21 (nach Oberhoffer) zeigt einen 4%igen Siliziumstahl, die Größe der Körner ist auffallend.

Zustandsdiagramm: Wenngleich auch die Abkühlungskurven der Siliziumstähle Halte- und Knickpunkte aufweisen, so ist man doch nicht in der Lage, diese Kurven wie bei den reinen Eisenkohlenstofflegierungen in ein Zustandsdiagramm zusammenzustellen. Es ist hier neben dem Einfluß des Siliziums auch der des Kohlenstoffs zu berücksichtigen und die hierbei notwendige Darstellung des Diagramms im Raum bringt große Schwierigkeiten. Die Projektion dieser Raumdiagramme ist vielfach nicht eindeutig und schwer verständlich. Ein gutes übersichtliches Bild über die Gefügearten bei den ternären Stählen geben die Guilletschen Diagramme für Spezialstähle. Auf der Grundlinie dieser Diagramme ist der Kohlenstoff auf der Ordinate das betreffende Spezialelement in Prozenten aufgetragen,



Gefügebestandteile der Siliziumstähle nach Guillet.

Abb. 9.

Die im Diagramm eingetragenen Flächen geben den Existenzbereich der bezeichneten Struktur an. Da bei den Siliziumstählen die Höhe des Kohlenstoffgehaltes auf das Gefüge keinen Einfluß hat, er-

scheinen die Begrenzungslinien der einzelnen Gefügebereiche parallel zur Grundlinie. Das Diagramm ist in Abb. 9 (nach Mars) wiedergegeben.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Guillet sagt über die allgemeinen Festigkeitseigenschaften, daß das Silizium dem Material bestimmte Eigenschaften verleiht, daß diese sich aber mit zunehmendem Prozentsatz nicht stark verändern und dies um so weniger, als ein Teil des Kohlenstoffs als Graphit auftritt. Die Untersuchungen Guillets erstrecken sich auf 2 Reihen von Siliziumstählen mit 0,2 und 0,8% Kohlenstoff. Die Festigkeitseigenschaften sind im Diagramm (Abb. 10) von Guillet (nach Oberhoffer) angeführt.

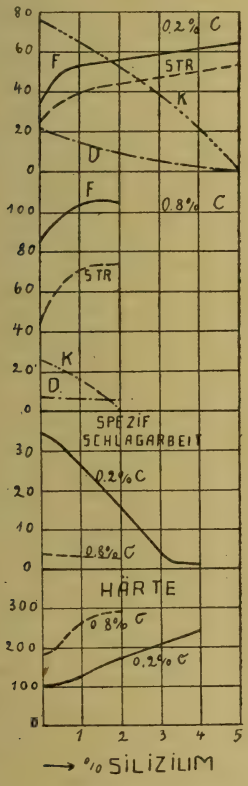


Abb. 10.
Festigkeitseigenschaften von Siliziumstählen.

Härte: Die Brinellsche Härtezahl steigt nach Guillet von 158 bei 0,5% Silizium bis 248 bei 5% Silizium. Die Härtewirkung ist in der Veränderung der Eigenschaften des Ferrits durch Silizium zu suchen.

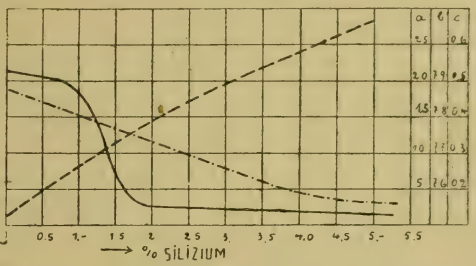
Walzbarkeit: Bei 0,2% Kohlenstoff läßt sich Siliziummaterial bis 7%, bei 0,8% Kohlenstoff bis 5% Silizium walzen.

Schweißbarkeit: Die Angaben über die Schweißbarkeit schwanken. Im allgemeinen sucht man Silizium für zu schweißendes Material nach Möglichkeit auszuschalten (gewöhnlich nicht über 0,03%). Als äußerste Grenze wird 0,2% angegeben.

Die Kaltbildsamkeit wird durch größeren Siliziumzusatz beeinträchtigt. Man sucht ihn daher bei entsprechend zu verarbeitendem Material möglichst zu vermeiden.

Elektrische und magnetische Eigenschaften: Da Siliziumstähle fast ausschließlich in der elektrischen Industrie verwendet werden, sind die Veränderungen der elektrischen Eigenschaften bei diesen Stählen von besonderer Wichtigkeit.

Nach Versuchen von Paglianti ist in den Abb. 11 u. 12 (nach Oberhoffer)



Mast. Eigenschaft
a ——— Spez. Schlagarbeit mkg/qcm
b —.—. Spez. Gewicht
c — — El. Widerstand Ohm/m/qmm

Abb. 11.
Elektrische Eigenschaften von Siliziumstählen.

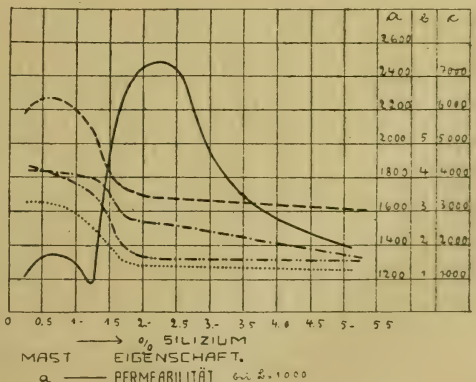


Abb. 12.
Elektrische und magnetische Eigenschaften von Siliziumstählen.

die Änderung des elektrischen Widerstandes, der Permeabilität und Koerzitiv-

kraft, sowie der Wattverluste, Remanenz und Hysteresis durch steigenden Siliziumzusatz ersichtlich. Das starke Sinken der Koerzitivkraft und der Remanenz, sowie die geringen Werte der Hysteresis bzw. der Wattverluste machen die Siliziumstähle ganz besonders zur Verwendung von Dynamo- und Transformatorenblechen geeignet.

Spez. Gewicht: Abb. 11 zeigt die Veränderungen des spez. Gewichtes.

Die Säurelöslichkeit nimmt mit zunehmendem Siliziumgehalt bedeutend ab, so daß man bei hohen Siliziumgehalten von Säurebeständigkeit sprechen kann.

Verwendungszweck: Die folgende Tabelle der gebräuchlichsten Siliziumstähle zeigt ihre hauptsächlichste Verwendung zur Herstellung von Federn sowie von Blechen für die elektrische Industrie.

Verwendungszweck	C	Si	Mn
Wasserrohre, Stanzbleche u. dgl.	0,05—0,15	0,00	0,20—0,30
Feinster Huntsmannstah' für Schneidwerkzeuge, Rasiermesser, Spindeln usw.	0,80—1,60	0,00—0,10	0,00—0,10
Werkzeugstahl	0,50—1,60	0,15—0,25	0,10—0,30
Automateneinsatzmaterial	0,10—0,15	0,30—0,50	0,40
Warmmatrizen, Gesenke	0,40—0,45	0,40—0,50	0,60—1,00
Federn, Bruchbänder u. dgl.	0,50—0,60	0,60—0,70	0,80—1,00
Mittelharter Federstahl	0,45—0,55	1,0—1,5	0,40—0,50
Härtere Federstähle	etwa 0,30	2,5	—
Meißel	0,30—0,40	etwa 2,0	—
Transformatorenbleche	0,0—0,10	etwa 1,0—2,0	etwa 0,10
Dynamobleche	0,0—0,10	0,7—1,0	0,30
Dynamobleche	0,0—0,10	2—4	0,0—0,10

3. **Manganstähle:** franz.: acier au manganèse; engl.: manganese steel.

Chemische Zusammensetzung: Mangan wird dem Eisen bis zu 14% zugesetzt. Es löst sich vollkommen im Eisen und erscheint im Stahl teilweise im Ferrit gelöst, teilweise als Mangankarbid im Gemisch mit Eisenkarbid.

Formarten: Der bei den reinen untereutektoiden Kohlenstoffstählen bei 900 bis 700° vor sich gehende Zerfallsbeginn der festen Lösung wird durch Mangan bedeutend erniedrigt. Abb. 13 (nach Osmond) zeigt die Erniedrigung der Haltepunkte durch steigenden Manganzusatz. Bei 7% Mangan ist die Umwandlung bereits auf 0° herabgedrückt. Von großem Einfluß erweist sich hier der Kohlenstoff, bei dessen steigendem Prozentsatz die Erniedrigung der Umwandlung bedeutend verstärkt wird. Neuere Untersuchungen Gumlichs (Abb. 14) geben auch die Veränderungen der Punkte Ar_2 und Ac_2 (ersterer bedeutet die magnetische Umwandlung

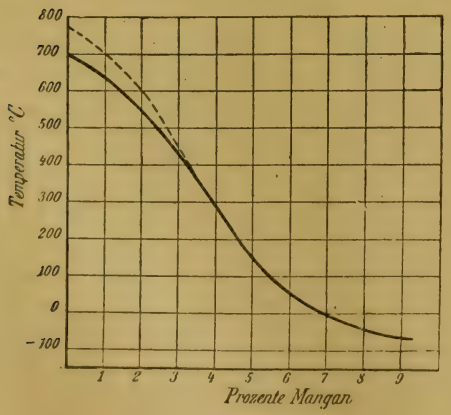


Abb. 13.

Erniedrigung der Haltepunkte durch steigenden Manganzusatz (nach Osmond).

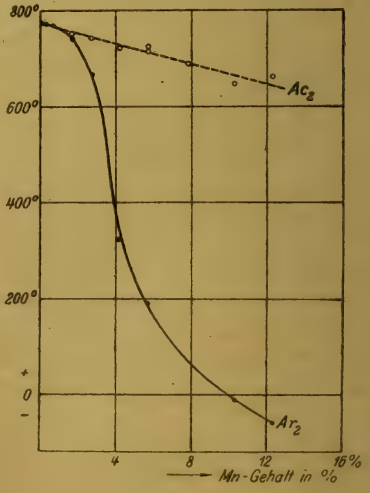


Abb. 14.

Erniedrigung der Haltepunkte bei steigendem Manganzusatz (nach Gumlich).

bei der Abkühlung, letzterer die bei der Erhitzung). Danach sinkt Ar_2 bei 10% Mangan bereits auf 0°, während Ac_2 bei derselben Manganmenge nur bis ungefähr 650° herabgedrückt wird (s. a. magnetische Eigenschaften).

Mikroskopische Untersuchung: Die Verschiebung der Umwandlung unter Zimmertemperatur bedingt naturgemäß die Erhaltung der unzersetzten Struktur der festen Lösung ohne Abschreckbehandlung. Das Gefüge der Manganstähle ist an zwei Reihen von Stählen von Guillet untersucht worden und es finden sich nach normaler Abkühlung folgende drei Gefügearten: perlitischer, martensitischer und austenitischer oder Polyederstahl. Aus dem in Abb. 15

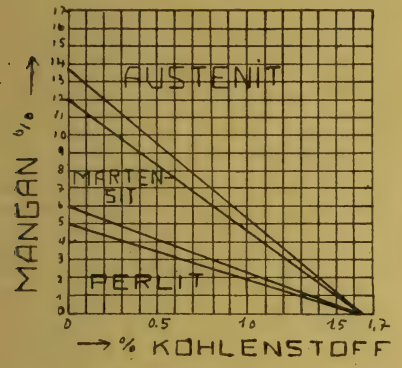


Abb. 15.
Gefügediagramm von Manganstählen.

dargestellten Gefügediagramm läßt sich z. B. erkennen, daß das Gefüge bei 0,2% Kohlenstoff und 4% Mangan noch perlitisch ist, während es bei gleichem Kohlenstoffgehalt und 6—12% Mangan Martensitstruktur aufweist und oberhalb 14% Mangan reiner Austenit auftritt. Da der Kohlenstoff, wie schon erwähnt, die Umwandlung stark erniedrigt, wird beispielsweise bei 4% Mangan und 1,2% Kohlenstoff bereits Austenit auftreten. Die Struktur der Manganstähle im perlitischen sowie martensitischen Gebiete unterscheidet sich gegenüber der von Kohlenstoffstählen durch einen bedeutend feineren Aufbau. Als neuer, bei den Kohlenstoffstählen nicht auftretender Gefügebestandteil ist die Austenit- oder Polyederstruktur zu nennen. Abb. 16, Tafel 21 zeigt einen 10%igen Manganstahl mit 0,9% Kohlenstoff in abgeschrecktem Zustande. Das Gefügebild besitzt ein ähnliches Aussehen wie die Ferritstruktur, kennzeichnet sich aber durch die scharf geradlinigen Begrenzungsflächen. Es zeigt den unzersetzten Austenit mit seinen typischen Zwillingsbildungen, der bei reinen Kohlenstoffstählen trotz schärfster Abschreckung nicht unzersetzt erhalten werden kann. Der eutektische Punkt wird durch Mangan etwas verschoben, so daß, soweit das perlitische Gebiet in Frage kommt, unterhalb 0,75% Kohlenstoff Ferrit und Perlit, über 0,75% Kohlenstoff Perlit und Zementit auftritt. Bei entsprechender Beschleunigung der Abkühlung treten naturgemäß wie beim Kohlenstoffstahl die Übergangsstufen der festen Lösung auf, aber bereits bei 2% Mangan und raschester Abkühlung ist die austenitische Struktur unzersetzt erhaltbar.

Schmelzpunkt: Mit steigendem Mangangehalt wird der Schmelzpunkt der Stähle erniedrigt.

Das spez. Gewicht eines gegossenen Stahls mit 13,75% Mangan beträgt nach Hadfield 7,83.

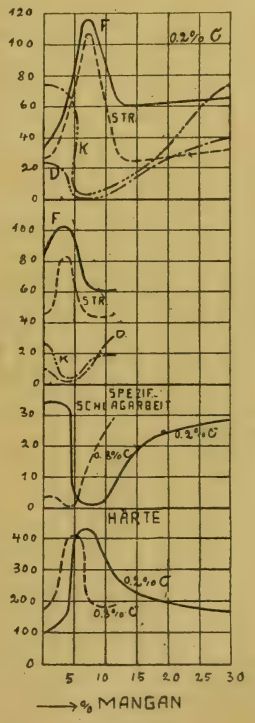


Abb. 17.
Festigkeitseigenschaften von Manganstählen.

Schweißbarkeit: Durch Manganzusatz über 1% wird die Schweißbarkeit bedeutend verringert. Nach Diegel soll bei gut schweißbarem Material der Mangangehalt 0,8% nicht übersteigen.

Kaltbildsamkeit: Die Grenze des Mangangehaltes für kalt zu verarbeitendes Ma-

terial soll nach Oberhoffer nicht über 0,5% betragen. Stähle mit Martensitstruktur sind außerordentlich schwer zu bearbeiten, ebenso verhalten sich die austenitischen Stähle, die wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung vielfach, jedoch im gegossenen Zustande verwendet werden.

Säurelöslichkeit: Hadfield findet, daß ein 12%iger Manganstahl leichter gelöst wird, als gewöhnliches Eisen. Eingehende Untersuchungen fehlen.

Die Schmiedbarkeit wird nur im austenitischen Manganstahl durch sehr heißes Gießen vermindert, doch soll durch Glühen bei 1250° der Stahl wieder gut verarbeitet werden können.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Die Festigkeitseigenschaften sind von Guillet an zwei Reihen von Stählen mit steigendem Mangangehalt bei 0,2 und 0,8% Kohlenstoff ermittelt worden. In Abb. 17 sind die Werte (nach Oberhoffer) angeführt. Danach erhöht ein Zusatz von Mangan die Festigkeits- und Streckgrenzen in bedeutendem Maße im perlitischen und martensitischen Gebiet, woselbst ein Maximum auftritt, um gegen das Polyedergebiet abzufallen, und nach erreichtem Minimum nur unwesentlich wieder anzusteigen. Dagegen fallen Dehnung und Kontraktion im Martensitgebiet auf praktisch gleich Null und erreichen im austenitischen Stahl wieder beträchtliche Werte. Auch die spezifische Schlagarbeit erhöht sich nach dem Minimum im Martensit, im Austenitstahl zu hohen Zahlen.

Härte: Die Härte der Manganstähle steigt im perlitischen Stahl rasch an, erreicht im Martensitgebiet die höchsten Zahlen, um schließlich im Austenit auf Werte der gewöhnlichen Kohlenstoffstähle zurückzugehen.

Neuere Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Manganstählen von Tereni Janos sind in untenstehender Tabelle (nach Oberhoffer) wiedergegeben, wobei auch geglühtes und vergütetes Material berücksichtigt ist.

Laufende Nummer	Untersucht. Stahl: Zusammensetzung C %	Si %	Mn %	Geschmiedeter Stahl: Bruchfestigkeit in kg/qmm	Streckgrenze in kg/qmm	Querschnittsverminderung in %	Dehnung in %	Härte nach Shore	Geglühter Stahl: Bruchfestigkeit in kg/qmm	Streckgrenze in kg/qmm	Querschnittsverminderung in %	Dehnung in %	Härte nach Shore	Glühtemperatur °C	Vergüteter Stahl: Bruchfestigkeit in kg/qmm	Streckgrenze in kg/qmm	Querschnittsverminderung in %	Dehnung in %	Härte nach Shore	Härtetemperatur °C
1	0,4	0,17	0,30	46	40	41	24	26	41	33	56	26	22	900	50	37	62	23	27	900
2	0,4	0,19	0,75	55	46	58	23	28	47	41	49	22	23	900	64	57	60	17	32	900
3	0,4	0,16	1,50	73	63	32	14	32	65	58	44	18	31	900	98	92	42	10	43	900
4	0,4	0,16	1,50	73	63	32	14	32	65	58	44	18	31	900	80	68	44	13	42	850
5	0,4	0,18	1,95	83	74	28	11	37	72	69	43	17	34	850	112	108	39	9	44	880
6	0,4	0,18	1,95	83	74	28	11	37	72	69	43	17	34	850	89	77	38	12	43	830
7	0,5	0,17	0,30	56	48	38	21	27	51	38	56	27	26	700	63	52	59	22	30	900
8	0,5	0,18	0,75	60	50	33	25	—	54	39	49	32	27	850	Alte Probe (wurde nicht gehärtet).					
9	0,5	0,18	1,10	68	54	37	15	30	62	57	50	21	29	900	90	84	40	11	41	900
10	0,5	0,21	1,60	79	68	27	12	33	69	65	45	18	33	850	104	100	34	9	44	800
11	0,6	0,17	0,30	64	55	31	18	28	52	41	53	26	26	900	66	58	53	21	32	900
12	0,6	0,33	0,75	77	70	28	15	34	67	59	34	19	33	900	100	95	40	10	44	900
13	0,6	0,19	1,50	90	82	36	12	36	76	71	27	14	34	850	119	113	34	9	47	850
14	0,6	0,30	1,95	102	95	0,5	4	41	92	88	28	12	37	750	126	119	18	3	51	750
15	0,7	0,30	2,05	122	113	0,4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Elektrische und magnetische Eigenschaften: Abb. 14 (nach Gumlich) zeigt, daß die Hysteresis von A_2 bei den Manganstählen außerordentlich groß ist. Da ein Stahl durch Abkühlung unter Ar_2 infolge der Umwandlung in α-Eisen magnetisch wird, diesen Magnetismus aber beim Erhitzen erst mit Erreichen von Ac_2 wieder verliert, so kann ein Manganstahl bei derselben Temperatur einmal bei der Abkühlung von oberhalb Ac_2 unmagnetisch, bei der Erhitzung von unterhalb Ar_2 magnetisch sein. Diese Stähle werden irreversibel genannt. Eingehende Untersuchungen von Lang über den Einfluß des Mangans auf den spezifischen Widerstand, die maximale Induktion, Remanenz, Koerzitivkraft, maximale Permeabilität und Hysteresisarbeit sind in Abb. 18 (nach Oberhoffer) dargestellt. Wegen der

schweren Bearbeitbarkeit sind bislang die Eigenschaften der Manganstähle für elektrische und magnetische Zwecke nicht verwertet worden. Über die Verwendungsmöglichkeit von Manganstählen gibt folgende Tabelle (nach Mars) Aufschluß:

Verwendungszweck	Kohlenstoff %	Silizium %	Mangan %
Weichstes Eisen	0,05—0,10	0,10	0,30
Werkzeugstahl	0,50—1,50	0,10—0,20	0,20—0,30
Schweißstahl	0,50—0,60	0,05—0,10	0,05—0,30
Amboß	0,40—0,45	0,50—0,60	0,90—1,00
Eisenbahnschienen	0,20—0,30	0,05—0,20	0,55—0,70
Eisenbahnwagenräder	0,15—0,20	0,10—0,20	0,70—0,90
Radreifen (Bandagen)	0,30—0,40	0,10—0,20	1,30—1,40
Schrapnells	0,50—0,60	0,10—0,30	0,70—0,90
Walzdorn, Pilgerdorn	0,45	0,10	1,30
Kohlensäureflaschen	0,25—0,30	0,10—0,15	1,40—1,45

Sie zeigt die Verwendbarkeit der niedrigprozentigen Manganstähle mit Perlitstruktur. Martensitische Stähle werden nicht verwendet. Für austenitische oder Polyederstähle gibt Mars an, daß sie zu Eisenbahnkuppelungen, Panzerplatten,

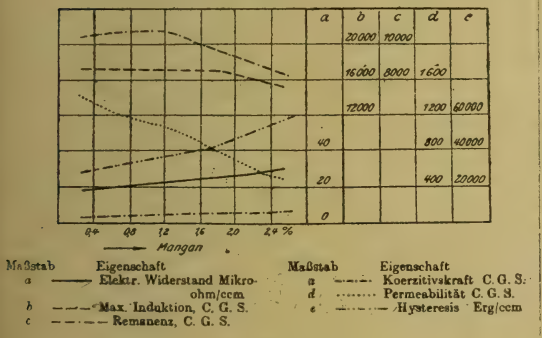


Abb. 18.
Elektrische und magnetische Eigenschaften von Manganstählen.

Rädern, Radreifen, Walzdornen, Pochstempeln, Brechbacken und ähnlichen Gegenständen verwertet werden, die sehr starker Abnützung unterworfen sind.

4. **Nickelstähle:** franz.: acier au nikel; engl.: nickel steel.

Chemische Natur: Neben Kohlenstoff von 0,05—0,5% werden bis 46% Nickel zugesetzt. Das Nickel bildet mit Eisen eine feste Lösung und ist im kohlenstoffhaltigen Stahl auf den Ferrit und das Karbid verteilt.

Formarten: In Abb. 19 sind die Ergebnisse Osmonds (nach Oberhoffer) betr. die Veränderung der Umwandlungspunkte durch Zusatz von Nickel dargestellt. Danach sinken die Umwandlungspunkte bei steigendem Nickelgehalt und zwar Ar_3, Ar_2 rascher, als Ar_1, so daß bei ungefähr 8% Nickel die drei Umwandlungspunkte zusammenfallen und von hier an gemeinsam erniedrigt werden. Bei 25% Nickel liegt der Umwandlungspunkt bei 15°. Bei noch höheren Nickelgehalten sinkt er unter jede praktisch erreichbare Temperatur. Lange nicht so schnell sinken die Umwandlungs-

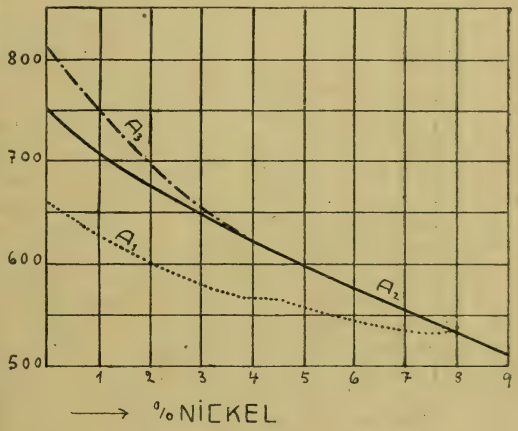


Abb. 19.
Verwandlungspunkte von Nickelstählen.

punkte bei der Erhitzung. Bei 25% Nickel liegt der noch nachweisbare Punkt $Ac_{1,2,3}$ bei 550°. Die Hysteresis beträgt demnach mehr als 500°.

Bei noch höheren Nickelgehalten hört die Zerfallsmöglichkeit der festen Lösung vollkommen auf. Die Kurve Ar_2, Ac_2 beginnt wieder anzusteigen, wobei die Hysteresis von 25% Nickel an sprungartig auf ein sehr geringes Maß herabgedrückt wird.

Mikroskopische Untersuchung: Guillet hat an Nickelstählen mit 0,12, 0,25 und 0,8% Kohlenstoff die Gefügebestandteile untersucht. Die Ergebnisse sind aus Abb. 20 ersichtlich. Nach diesen Untersuchungen treten bei steigendem Nickel- und Kohlen-

stoffgehalt perlitische, martensitische und polyedrische Stähle auf. Zwischen den einzelnen Gebieten schaltet Guillet Übergangsgebiete von Perlit zu Martensit und Martensit zum Polyederstahl ein. In dem ersten Übergangsgebiet tritt neben Perlit auch Martensit auf, während man in der zweiten Übergangsstufe Martensit und Austenit antrifft. Mit steigendem Nickel-

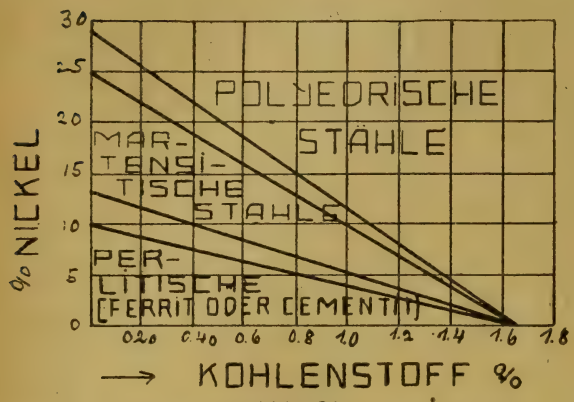


Abb. 20.
Gefügebestandteile von Nickelstählen.

gehalt wird beim Härten die feste Lösung immer leichter zurückgehalten. Die zur Bildung der beständigen, festen Lösung erforderliche Nickelmenge beträgt etwa das 2,2fache von Mangan und es ist danach möglich, den in Nickelstählen auftretenden Mangangehalt nach diesem Faktor auf Nickel umzurechnen, um das Gefüge des Stahls beurteilen zu können.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Die Untersuchungen Guillets sind in Abb. 21 (nach Oberhoffer) dargestellt. Sie erstrecken sich auf zwei Reihen von Nickelstählen mit 0,2 und 0,8% Kohlenstoff. Wie schon bei den Manganstählen, so zeigt auch hier Festigkeit und Streckgrenze eine Steigerung im Perlitgebiet und starke Erhöhung im martensitischen, um beim Polyederstahl wieder rasch abzufallen. Besonders hoch ist die Kontraktion im perlitischen Gebiet. Bei Gehalten von 0,8% Kohlenstoff treten dieselben Veränderungen ein, nur sind diese durch das frühere Auftreten des martensitischen bzw. austenitischen Gefüges verschoben. Die spezifische Schlagarbeit zeigt auch in den niedrigen Prozentgehalten noch erhebliche Werte, die beim Martensitgefüge stark sinken und im Polyederstahl wieder bedeutend ansteigen. Diese Steigerung tritt bei den hochgekohlten Stählen, wie zu erwarten, wegen des Kohlenstoffgehaltes nicht so stark in Erscheinung. Auch bei den Nickelstählen verhalten sich die Schwankungen der Härte analog denen der Festigkeitseigenschaften.

Elektrische und magnetische Eigenschaften: Ebenso wie bei den Manganstählen zeigen auch die Nickelstähle eine große Hysteresis des magnetischen Umwandlungspunktes und es ergeben sich hieraus die den Mangan-

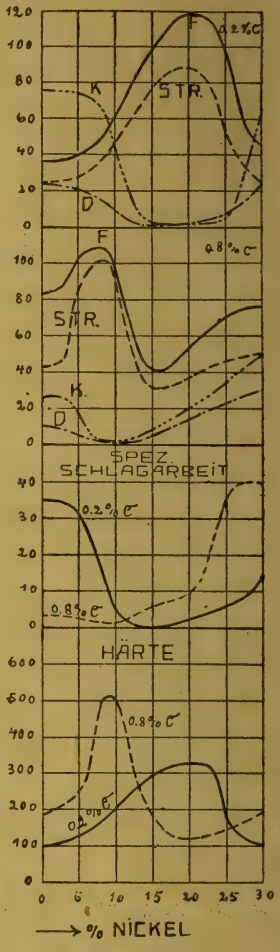


Abb. 21.
Festigkeitseigenschaften von Nickelstählen.

stählen analogen Erscheinungen. Man unterscheidet: bis 25% Nickel irreversible, oberhalb 25% Nickel reversible Stähle, d. h. also, daß Stähle bis zu 25% Nickel innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, sowohl magnetisch als auch unmagnetisch sein können (s. a. Manganstähle). In Abb. 22 ist der Einfluß des Nickels für die Veränderung der Induktion, Koerzitivkraft und den elektrischen Widerstand nach Versuchen von Burgess und Aston (nach Oberhoffer) angegeben. Die hohen Werte des elektrischen Widerstandes lassen sich prak-

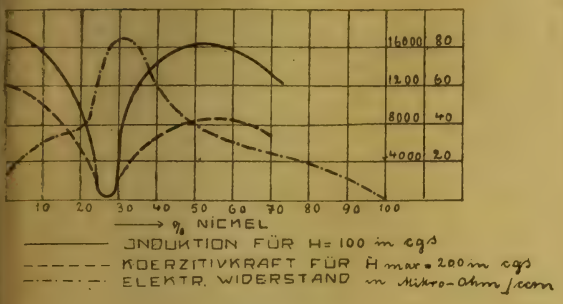


Abb. 22.

Elektrische Eigenschaften von Nickelstählen.

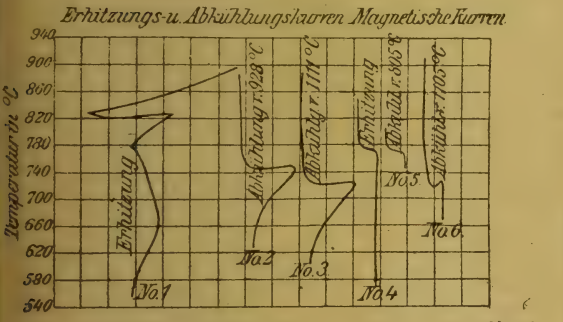
tisch (s. Verwendungszweck) gut verwenden.

Spez. Gewicht: Nach Hadfield steigt das spez. Gewicht von 7,69 bei 0,19% Kohlenstoff und 0,27% Nickel auf 8,054 bei 0,14% Kohlenstoff und 29,07% Nickel.

Warmverarbeitung, Kaltbildsamkeit, Schweißbarkeit werden nach Oberhoffer durch Nickel nicht verändert.

Anwendung der Nickelstähle: Nachfolgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung für gebräuchliche Nickelstähle. Es ist zu ersehen, daß nur die perlitischen und austenitischen Nickelstähle in Betracht kommen. Die martensitischen Nickelstähle werden, wie bei den Manganstählen wegen ihrer schweren Bearbeitbarkeit nicht verwendet.

Verwendungszweck	% Ni	% C
Rohre, Bleche, Nieten	1—2	0,05—0,15
Im Einsatz zu härtende Konstruktionsteile von Maschinen und Automobilen, wie Zahn- und Kettenräder, Nocken und Daumenwellen, Zapfen, Bolzen usw.	2,5—8	0,05—0,15
Kesselblech, Brückenbaumaterial, Kanonenrohre	1,5—3,5	0,2—0,45
Kurbel- und Transmissionswellen, Achsen, Pleuelstangen	3—5	0,2—0,45
Zahnräder, Zapfen, Bolzen	4—6	0,25—0,45
Ventile für Explosionsmotoren, elektr. Widerstände	25—28	0,3—0,5
Chronometrische, geodätische, und ähnl. Präzisionsinstrumente (Invarstahl)	35—38	(Mangan dgl.)
Glühlampendraht, Platinit (Ersatz für Platin), Einfassung von Linsen (Ausdehnungskoeffizient beinahe gleich dem des Platins und des Glases)	46	0,15



Kurven eines Chromstahles mit 0,26% C und 6,42% Cr. Nach Moore.

Abb. 23.

5. **Chromstähle:** franz.: acier au chrome; engl.: chrome steel.

Chemische Eigenschaften: Bei einem Kohlenstoffgehalt bis 1,8% wird Chrom bis 14% zugesetzt. Es bildet nach Ansicht fast aller Forscher ein oder mehrere Karbide, deren Formel aber nicht eindeutig festgelegt ist.

Formarten: Nach Osmond wird der Umwandlungspunkt des Kohlenstoffs, also A_1 mit steigendem Chromgehalt erhöht, dagegen A_3 erniedrigt, während A_2 nicht beeinflußt wird. Die Lage der Umwandlungspunkte ist aber bei den Chromstählen noch abhängig von der Initialtemperatur, d. i. jener Temperatur, von der man den Stahl abkühlt und von der Abkühlungsgeschwindigkeit. Abb. 23 zeigt Abkühlungskurven von Chromstählen (nach Moore). Aus den Kurven 2—6 ist ersichtlich, daß bei steigender Initialtemperatur der Haltepunkt herabgedrückt wird. Immerhin liegt der erniedrigte Punkt noch höher, als bei reinen Kohlenstoffstählen. Edwards, Greenwood und Kikkawa zeigten den Einfluß der Abkühlungsgeschwindigkeit bei Chromstählen mit 0,63% Kohlenstoff, 0,17% Mangan, 0,007% Silizium und 6,15% Chrom. Die Initialtemperatur beträgt 1147°. Die mittlere Abkühlungsgeschwindigkeit steigt von 0,238 auf 0,632°/sec. Hierbei sinkt der Haltepunkt von 710 auf 625°.

Mikroskopische Untersuchung: Guillet findet auf Grund seiner Untersuchungen zweier Reihen Chromstähle mit 0,2 und 0,8% Kohlenstoff in normal geschmiedeten und abgekühlten Stählen drei Gefügearten,

nämlich Perlit, Martensit und Doppelkarbid. Da diese Stähle aber bei Temperaturen geschmiedet und geglüht wurden, die der Behandlung reiner Kohlenstoffstähle entsprechen würden, also die erhöhten Umwandlungspunkte nicht berücksichtigt wurden, Guillet selbst auch angibt, daß bei Ausglühen bei 900° und langsamer Abkühlung der martensitische Stahl leicht in perlitisches Gefüge übergeführt werden kann, bringt Oberhoffer, wie Abb. 24 zeigt, ein vereinfachtes

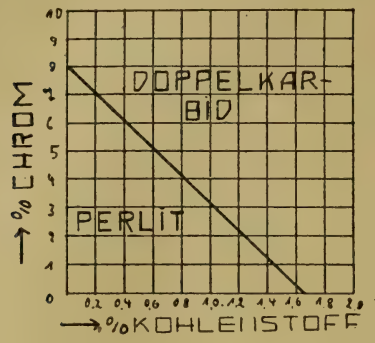


Abb. 24.
Gefügediagramm von Chromstählen.

Gefügediagramm. Dieses besteht aus den zwei Gefügebildern Perlit und Doppelkarbid. In den perlitischen Stählen ist das Chrom auf Ferrit und Perlit verteilt. Zu diesen tritt bei hohen Chromgehalten das Doppelkarbid. Nach Fettweiß wird die Sättigungsgrenze für Kohlenstoff bei steigenden Chromgehalten verringert, so daß das Doppelkarbid als Ledeburit aufgefaßt werden kann, der bei starker Schmiedung im ganzen Stahl gleichmäßig verteilt erscheint. Bei rascher Abkühlung wird in perlitischen Stählen leicht Martensit erhalten, während die Doppelkarbidstähle in diesem Falle Austenit- oder Polyederstruktur aufweisen, wobei das Doppelkarbid entweder ganz, häufig aber nur teilweise in Lösung geht. Die Ausbildung des Gefüges perlitscher Chromstähle ist besonders feinkörnig. Der eutektoide Punkt liegt (nach McWilliam und Barness) zwischen 0,65 und 0,85% C, wird also durch Chromzusatz bedeutend erniedrigt.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Abb. 25 zeigt die Guilletschen Ergebnisse der Untersuchungen an zwei Reihen Chromstählen mit 0,2 und 0,8% Kohlenstoff (nach Oberhoffer). Festigkeit und Streckgrenze nehmen bei der ersten Reihe rasch zu, um gegen das Gebiet des Doppelkarbides fast ebenso wieder abzufallen, während Kontraktion und Dehnung beinahe Null erreicht und dann entsprechend dem Abfall der Festigkeit die erstere stärker, die letztere langsamer ansteigt. Bedeutend geringer ist der Abfall

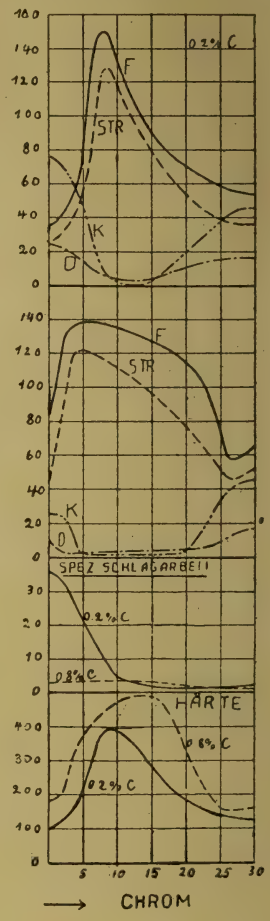


Abb. 25.
Festigkeitseigenschaften von Chromstählen.

der Festigkeit bei der Reihe mit 0,8% Kohlenstoff, während Kontraktion und Dehnung bis zu 20% Chrom auf ihrem niedrigsten Wert bleiben. Die spezifische Schlagarbeit sinkt bei 0,2% Kohlenstoff sehr rasch, während sie bei 0,8% Kohlenstoff schon von Beginn an niedrige Werte zeigt.

Die Härte verhält sich analog der Festigkeit.

Die Warmbildsamkeit wird nach Portevin nicht verändert.

Die Grenze der Schweißbarkeit liegt bei 0,3% Chrom.

Über die Kaltbildsamkeit und Löslichkeit liegen keine Untersuchungen vor.

Magnetische und elektrische Eigenschaften:

Die Chromstähle eignen sich sehr für permanente Magnete, wie auch aus Abb. 26 hervorgeht. Die beste Zusammensetzung

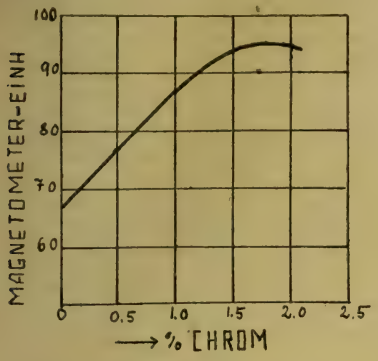


Abb. 26.
Magnetische Eigenschaften von Chromstählen.

(nach Mars) ist 1,6% Chrom und 1,05% Kohlenstoff. Der elektrische Widerstand wird durch Chrom etwas erhöht. Abb. 27 zeigt die Boudouardschen Ergebnisse (nach Oberhoffer).

Verwendung der Chromstähle: Nachfolgende Tabelle zeigt das Verwendungsgebiet der Chromstähle (nach Mars). Nur die

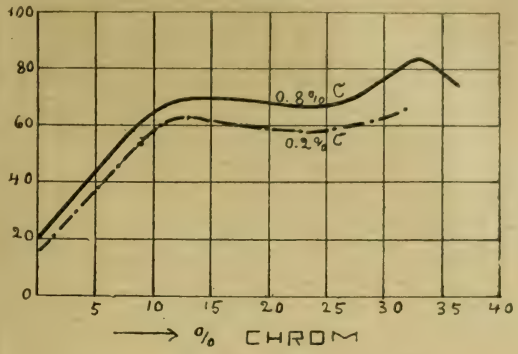


Abb. 27.
Elektrischer Widerstand von Chromstählen.

drei ersten Gruppen können als reine Chromstähle bezeichnet werden, während die letzten beiden Gruppen infolge des höheren Silizium- und teilweise auch Mangangehaltes in das Gebiet der quaternären oder komplexen Stähle gehören.

Verwendungszweck	C	Si	Mn	Cr
Werkzeugstähle (ternäre Stähle):				
Spiralbohrer, Sägeblätter, Schnitte	0,9—1,0	0,20	0,20	0,5
Hand- und Preßluftmeißel	0,3—0,5	0,20	0,20	1,0—1,5
Fräser, Rasiermesser, Schusterkneipe, Sägefeilen und ähnliche Schneidewerkzeuge	1,4—1,5	0,20	0,15	0,3—0,5
Lochdorne, Stempel, Kaltwalzen	0,8—1,0	0,25	0,25	2—4
Zieheisen	1,8—2,0	0,30	0,25	2,0—2,5
	1,5—1,8	0,50	0,25	13,0—14,0
Konstruktionsstähle (ternäre Stähle):				
Wagenfedern, Arbeitsfedern	0,2—0,4	0,20	0,30	1,5
Kugellager	0,85—0,95	0,25	0,20	1,0—1,3
Kugeln	0,95—1,05	0,25	0,20	1,3—1,5
Geschoßstähle (ternäre Stähle):				
Panzergranaten	0,7—0,8	0,3—0,4	0,2—0,4	1,0—2,2
Werkzeugstähle (quaternäre Stähle):				
Meißel	0,3—0,4	1,0	0,5	0,5
Gewindebohrer	0,8—0,9	0,25	1,0	0,5
Konstruktionsstähle (quaternäre Stähle):				
Kugelmühlplatten	0,9—1,0	0,15	1,0	0,5
Federn	0,4—0,5	1,0	0,3	1,0
	1,1	2,0	0,5	2—4

6. Wolframstähle: franz.: acier au tungstène; engl.: tungsten steel.

Chemische Eigenschaften: Bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,6—1,2% wird Wolfram zwischen 0,6 und 9% zugesetzt. Die Verteilung auf Ferrit und Zementit steht nicht fest.

Formarten: Die Haltepunkte der Stähle

werden durch Wolfram nicht verändert, wenn eine gewisse Temperatur bei der Erhitzung (Erniedrigungstemperatur) nicht überschritten wird. Abb. 28 (nach Swinden) zeigt an Stählen mit 3% Wolfram

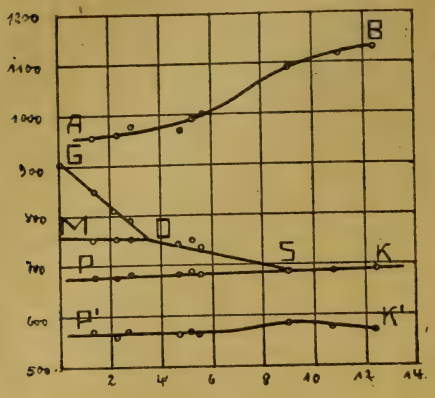


Abb. 28.
Umwandlungspunkte von Wolframstählen.

und Kohlenstoffgehalten zwischen 0,14 und 1,24% die Verschiebung des Umwandlungspunktes bei Abkühlung von oberhalb der Erniedrigungstemperatur, und zwar liegt der Umwandlungspunkt um so tiefer, je mehr die Erniedrigungstemperatur überschritten wird, um schließlich auf die Linie P'K' zu sinken (Näheres s. Swinden).

Mikroskopische Untersuchung: Abb. 29 zeigt das von Guillet aufgestellte Gefügediagramm. Danach weisen Wolframstähle perlitische und Doppelkarbidstruktur auf. Das Perlitkorn ist gegenüber den Kohlenstoffstählen erheblich feiner. Bezüglich des Doppelkarbides vgl. die Chromstähle.

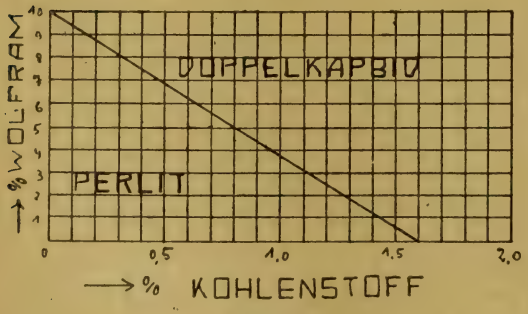


Abb. 29.
Gefügediagramm von Wolframstählen.

Spez. Geswicht: Nach Hadfield steigt das spez. Gewicht durch Zusatz von Wolfram von 7,676 bei 0,15% Kohlenstoff und 0,2% Wolfram auf 8,602, bei 0,78% Kohlenstoff und 16,18% Wolfram.

Die Warm- und Kaltbildsamkeit werden durch Wolfram nicht beeinflußt.

Das Wärmeleitungsvermögen soll mit zunehmendem Wolframgehalt sehr rasch sinken (vgl. a. Schnelldrehstähle unter 0).

Bruchkorn: Mit steigendem Wolfram- und Kohlenstoffgehalt wird das Korn stark verfeinert und führt schließlich zu einem nur bei Wolframstählen in Erscheinung tretenden seidenartigen Bruch.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Guillet untersuchte zwei Reihen von Wolframstählen (Abb. 30 nach Oberhoffer). Bis

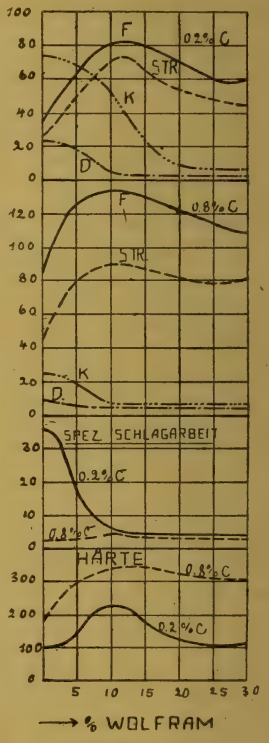


Abb. 30.
Festigkeitseigenschaften von Wolframstählen.

zu den in Frage kommenden Legierungshöhen der Wolframstähle erhöht sich Festigkeit und Streckgrenze bedeutend, während Dehnung und Kontraktion sehr gering werden. Auch die spezifische Schlagarbeit wird erniedrigt. Bis zu 10% Wolfram zeigt die Härte eine ziemlich starke Zunahme.

Magnetische und elektrische Eigenschaften: Barret und Brown geben die Zunahme des spez. Widerstandes für 1% Wolfram bis 3,5% mit 0,3 Mikroohm, bei 3,5 bis 15,5% Wolfram mit 0,72 Mikroohm an. Wolfram erhöht die Remanenz, wie aus Abb. 31 ersichtlich ist. Das Maximum des remanenten Magnetismus besitzt nach Mars ein Stahl mit 5,47% Wolfram und 0,57% Kohlenstoff.

Verwendungszweck: In folgender Tabelle (nach Mars) sind die Hauptverwendungsmöglichkeiten der Wolframstähle angeführt.

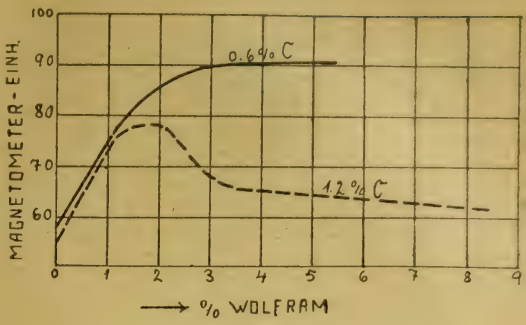


Abb. 31.

Magnetische Eigenschaften von Wolframstählen.

Verwendungszweck	Kohlenstoff %	Wolfram %
Gewehrläufe	0,60—0,70	1—3
Schneidewerkzeuge, Spiralbohrer	1,00—1,20	0,60—0,70
Drehmesser	1,00—1,20	3,0—3,5
Magnete	0,60—0,65	5,0—6,0
Warmzieh- und Preßmatrizen	0,60—0,65	8,0—9,0

7. **Molybdänstähle:** franz.: acier au molybdène; engl.: molybdenum steel.

Da reine Molybdänstähle nicht zur Verwendung kommen, seien hier nur kurz die wichtigsten Eigenschaften dieser Stähle erwähnt.

Formarten: Nach Swinden weisen auch die Molybdänstähle keine Veränderung

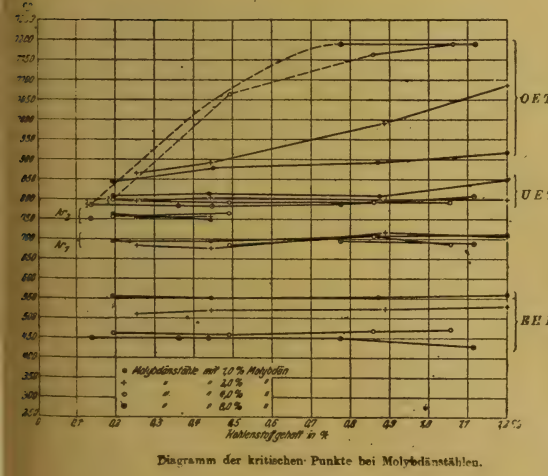


Diagramm der kritischen Punkte bei Molybdänstählen.

Abb. 32.

des Haltepunktes auf, wenn die sogenannte Erniedrigungstemperatur beim Erhitzen des Stahles nicht überschritten wird. Die Veränderung der Haltepunkte ist aus Abb. 32 ersichtlich. Bei 8% Molybdän verschiebt sich der eutektische Punkt auf 0,4% Kohlenstoff.

Gefügebilder: In dem Guilletschen Strukturdiagramm Abb. 33 finden sich zwei Gebiete, perlitische und Doppelkarbidstähle. Die Wirkung des Molybdäns ist bedeutend stärker, als die des Wolframs, da bereits bei 2,5% Molybdän Doppelkarbid auftritt. (Bezüglich des Doppelkarbides s. Chromstähle.)

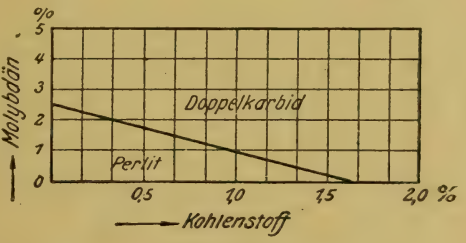


Abb. 33.

Strukturdiagramm von Molybdänstählen.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Abb. 34 zeigt die von Guillet untersuchten Reihen von Stählen mit 0,2 und 0,8% Kohlenstoff. Die Änderungen der Eigenschaften sind ähnlich wie bei Wolfram und Chrom.

Elektrische und magnetische Eigenschaften: Auch Molybdänstahl würde sich zur Herstellung von Dauermagneten eignen. Doch ist die Verarbeitung dieser Stähle schwer und Molybdän sehr hoch im Preise. Reine Molybdänstähle werden bislang nicht hergestellt.

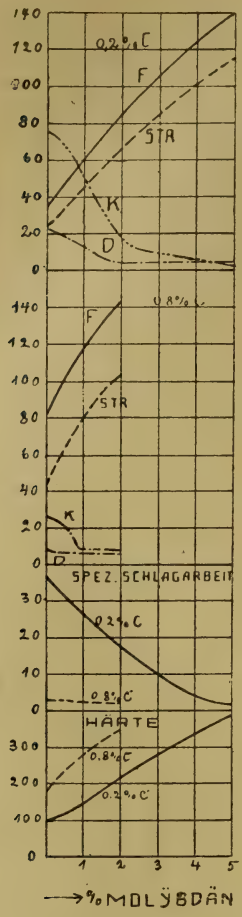


Abb. 34.
Festigkeitseigenschaften von Molybdänstählen.

8. **Vanadiumstähle:** franz.: acier au vanadium; engl.: vanadium steel.

Chemische Zusammensetzung: Bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,28% bis 1,2% wird Vanadium zwischen 0,6 und 1% zugegeben. Es verteilt sich auf Ferrit und Zementit.

Formarten: Die Beeinflussung der Umwandlungstemperatur durch Zusatz von Vanadium ist unbedeutend.

Mikroskopische Untersuchung: Guillet hat das in Abb. 35 aufgestellte Strukturdiagramm ermittelt. Es zeigt drei Felder, perlitische und Karbidstähle, sowie Stähle mit Perlit und Karbid. Von praktischer Bedeutung sind nur die rein perlitischen Stähle.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Guillet untersuchte Vanadiumstähle mit 0,2 und 0,8% Kohlenstoff. Die Ergebnisse sind in Abb. 36 (nach Oberhoffer) dargestellt. Die Steigerung der Festigkeit und Streckgrenze ist sehr bedeutend, ohne daß die Kontraktion und Dehnung übermäßig fällt. Auch die spezifische Schlagarbeit wird für die in Betracht kommenden Zusätze an Vanadium wenig vermindert,

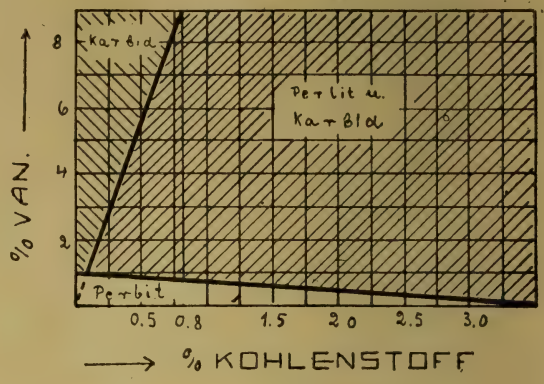


Abb. 35.
Strukturdiagramm von Vanadiumstählen.

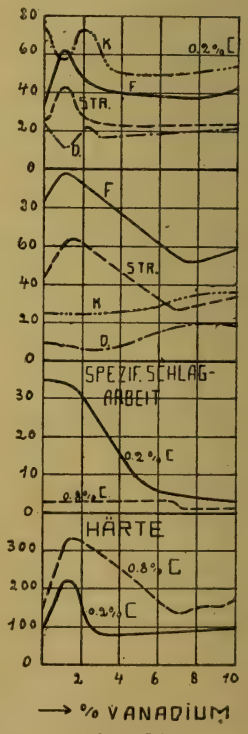


Abb. 36.
Festigkeitseigenschaften von Vanadiumstählen.

während die Härte in analoger Weise, wie die Festigkeit, bedeutend zunimmt.

Magnetische und elektrische Eigenschaften: Nach Portevin nimmt der elektrische Leitwiderstand durch Zusatz von Vanadium zu.

Nachfolgende Tabelle nach Mars zeigt die Verwendung der Vanadiumstähle:

Verwendungszweck	% C	% Si	% Mn	% V
Maschinenteile, Lokomotivrahmen . . .	0,28	0,28	0,57	0,22
Werkzeugstahl für Matrizen, Stempel, Schneidwerkzeuge usw.	1,20	0,20	0,25	0,6—1,0

9. Konstruktionsstähle.

Chemische Zusammensetzung: Die Haupttypen dieser Stähle enthalten neben Kohlenstoff entweder Nickel und Chrom, oder Nickel und Wolfram, oder Nickel und Vanadium, oder Chrom und Vanadium, oder Nickel, Chrom und Vanadium. Hierbei schwankt der Gehalt an Kohlenstoff zwischen 0,05 und 0,45%, an Nickel zwischen 2 und 5%, an Chrom zwischen 0,5 und 2% und Wolfram bis 2%.

Formarten: Eine übersichtliche Darstellung der Veränderung der Umwandlungen ist durch die größere Zahl der sie beeinflussenden Elemente nicht durchführbar. Für Wärmebehandlungszwecke werden diese Temperaturen von Fall zu Fall genau festgelegt.

Mikroskopische Untersuchung: Prinzipiell erscheint im Gefüge dieser Stähle kein neuer Bestandteil. Bei größeren Gehalten an Chrom und Wolfram tritt das bei den ternären Stählen bereits bekannte Doppelkarbid auf. Der Zusatz von Nickel erniedrigt die Umwandlungspunkte.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Bei hoher Festigkeit und hoher Streckgrenze zeichnen sich die Konstruktionsstähle durch gleichzeitig hohe Dehnung und spezifische Schlagarbeit aus.

Wärmebehandlung: Zur Erzeugung der hohen Werte der Festigkeitseigenschaften müssen die Konstruktionsstähle fast durchweg vergütet werden. Eine große Anzahl wird im Einsatz gehärtet und dann vergütet.

Die Bearbeitung geschieht möglichst am ausgeglühten weichen Material.

Verwendungszweck: Die Konstruktionsstähle werden besonders in der Automobilindustrie verwendet und spielen auch für Geschütz- und Geschoßstähle eine große Rolle. In folgender Tabelle sind einige Konstruktionsstähle angeführt:

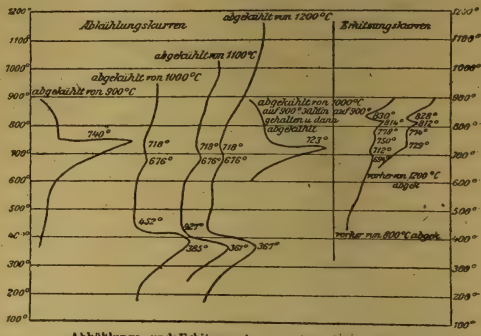
Verwendungszweck	Zusammensetzung				
	% C	% Mn	% Ni	% Cr	% V
Leichte Achsen, Zugstangen, Treibachsen, Kolbenstangen (Verwendung des Stahls erfolgt im geglühten Zustande), Transmissionsteile, Zahnräder, Kurbelwellen, Kurbelzapfen (Verwendung des Stahles erfolgt im vergüteten Zustande)	0,25—0,3	0,4—0,5	—	1,0	0,16—0,18
Eisenbahnräder, Kurbelzapfen, Geschützrohre (Verwendung des Stahls erfolgt im gegl. Zustande), Lokomotiv-, Automobil- und Wagenfedern (Verwendung des Stahls im vergüteten Zustande) . . .	0,45—0,55	0,8—1,0	—	1,25	0,18
Für Einsatzhärtung	0,12—0,15	0,2	—	0,3	0,12
Panzerplatten	0,25—0,45	—	1,5—3,0	0,5—0,75	—
Panzergranaten	0,5—0,8	—	2,0—2,5	0,6—2,0	—
Höchstbeanspruchte Teile im Automobil- und Maschinenbau	0,25—0,45	—	2,5—2,75	0,25—1,0	—

10. Schnelldrehstähle.

Chemische Zusammensetzung: Neben Kohlenstoff enthalten Schnelldrehstähle 0,5 bis 7,3% Chrom, 3,5—24% Wolfram und 0,15—1,2% Vanadium.

Formarten: Ebenso wie bei den ternären Stählen, die Chrom oder Wolfram enthalten, ist die Lage der Umwandlungspunkte der Schnelldrehstähle abhängig von der Anfangstemperatur und der Abkühlungsgeschwindigkeit. Abb. 37 (nach Carpenter) zeigt die Umwandlungspunkte eines Chrom-Wolframstahles und deren Veränderung mit zunehmender Anfangstemperatur. Die Umwandlung bei der Erhitzung ist in noch höhere Temperaturen verschoben, als die höchstliegende Umwandlung bei entsprechender Abkühlung (s. a. Chromstähle, 5).

Mikroskopische Untersuchung: Das typische Gefügebild zeigt bei langsamer Abkühlung Perlit und Doppelkarbid. Wie leicht bei etwas rascherer Abkühlung die Härtung und damit die Veränderung des Perlitgefüges eintritt, zeigt folgende Tabelle nach Mars. Der bei diesen Versuchen behandelte Stahl hatte 0,75% Kohlenstoff, 0,29% Silizium, 3,7% Chrom und 10,83% Wolfram.



Abkühlungs- und Erhitzungskurven eines Chrom-Wolframstahles nach Carpenter.

Abb. 37.

Umwandlungspunkte eines Crom-Wolframstahles und ihre Veränderung mit zunehmender Anfangstemperatur.

Behandlung		Kleingefüge
Im Ofen von	900° abgekühlt	Körniger Perlit oder Sorbit
,, ,, ,,	1000° ,,	Troostit
,, ,, ,,	1200° ,,	Troostit und Martensit
An der Luft von	1200° ,,	Martensit und Troostit
Im Gebläsewind von	1200° ,,	Austenit.

Die Abb. 38 u. 39 Taf. 21 (nach Mars) zeigen das typische Aussehen eines geglühten und gehärteten Schnelldrehstahles.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Die Schnelldrehstähle besitzen hohe Festigkeiten bei guter Dehnung. Die Härte steigt mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt, überschreitet aber sowohl im geglühten als auch gehärteten Zustand keineswegs die Härte der gewöhnlichen Kohlenstoffstähle.

Spez. Gewicht: Nach Mars schwankt das spez. Gewicht zwischen 8,3 und 9,4% und zwar je nach dem Wolframgehalt (10—25%).

Das Wärmeleitungsvermögen der Schnelldrehstähle ist äußerst gering (s. a. Wärmebehandlung).

Säurelöslichkeit: Nach Heyn und Bauer steigt die Löslichkeit mit steigender Härtetemperatur bis 1200° und sinkt von hier ab.

Wärmebehandlung: Schmieden: Das Schmieden der Schnelldrehstähle erfolgt oberhalb der Umwandlungstemperatur. Die Bearbeitung muß daher mindestens oberhalb 800°, meist aber nicht unter 1000° vorgenommen werden. Die Erhitzung der Schnelldrehstähle auf diese Temperatur muß wegen ihrer geringen Wärmeleitungsfähigkeit sehr vorsichtig vorgenommen werden. Nach Becker wird ein Stahl oft 2 Tage lang vorgewärmt. Bei rascherer Erhitzung treten leicht Spannungsrisse auf. Nach der Bearbeitung soll der Stahl als Fertigstahl einer Glühung unterzogen werden. Diese kann zwischen 700 und 800°, also unterhalb der Umwandlungstemperatur oder auch zwischen 800 und 900°, also über der Umwandlungstemperatur liegen. In letzterem Falle ist es je nach der Größe der geglühten Stücke notwendig, den Stahl 2—6 Stunden von der erreichten höchsten Glühtemperatur bis auf etwa 500° abkühlen zu lassen.

Das Härten der Schnelldrehstähle erfolgt nach Taylor folgendermaßen: Langsame Erwärmung bis zur Kirschrotglut, rasche Erhitzung bis nahe an den Schmelzpunkt, rasche Abkühlung bis etwa 625°, rasche oder langsame Abkühlung bis zur Lufttemperatur.

Anlassen: Das nach dem Härten vorzunehmende Anlassen nimmt dem Stahl seine übergroße Sprödigkeit, ohne daß er wesentlich an Härte einbüßt.

Die Schnelldrehstähle haben infolge der hohen Umwandlungspunkte die Eigenschaft, daß sie nicht, wie die einfachen Kohlenstoffstähle, ihre Härte beim Anlassen verlieren. Über den besonderen

Wert der Schnelldrehstähle sagt Oberhoffer folgendes:

„Der Schnittgeschwindigkeit von gewöhnlichem (Kohlenstoff-) Werkzeugstahl ist durch die Wärmeentwicklung beim Bearbeitungsvorgang (z. B. beim Drehen) nach oben hin eine Grenze gesetzt, weil diese Wärmeentwicklung im Werkzeug Anlaßwirkung hervorruft und damit dem Stahl die Härte und Schneidefähigkeit gibt. Im Gegensatz dazu behalten die Schnelldrehstähle bis zu einer Temperatur von etwa 600°, also noch bei dunkler Rotglut, ihre ursprüngliche Härte, vorausgesetzt, daß die vorausgehende Behandlung richtig gewesen ist."

Durch die obenerwähnte Eigenschaft kann bei den Schnelldrehstählen die Schnittgeschwindigkeit außerordentlich erhöht werden. Während bei gewöhnlichen Kohlenstoffstählen die Schnittgeschwindigkeit 45—75 m/min betrug, können bei modernen Schnelldrehstählen Geschwindigkeiten von 150—180, in Ausnahmefällen sogar bis 240 m/min erreicht werden.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Reihe von bekannten Schnelldrehstahlsorten:

	% C	% Si	% Mn	% Cr	% W	% Mo	% V	% Co
Bethlehem st. Co. (Taylor) 1906	0,68	0,05	0,07	5,95	17,81	—	—	—
Böhler Boreas	1,50	0,60	0,25	2,20	9,18	—	—	—
Poldi	1,55	0,75	0,70	3,20	8,90	—	—	—
Krupp	0,90	0,31	0,08	2,80	10,10	—	—	—
Jonas & Colver	2,26	0,70	1,22	6,17	3,50	—	—	—
Phönix Bleckmann	1,24	0,44	0,52	0,46	4,16	—	—	—
Seebohm & Dieckstahl	0,80	0,13	0,10	1,25	9,50	—	—	—
Allen & Co.	1,10	1,70	0,20	3,53	9,70	—	—	—
Atkinson	1,80	0,28	1,40	5,30	5,10	—	—	—
Schmidt	0,57	0,09	0,10	3,50	11,25	—	—	—
Huntsmann	0,60	0,12	0,04	2,87	11,46	—	—	—
Schöller	0,64	1,07	0,15	3,38	3,70	—	—	—
Lindenberg	0,63	0,15	0,05	6,40	25,80	—	—	—
Mushet	0,80	0,09	Spur.	2,66	13,63	—	—	—
Böhler Rapid	0,60	0,10	0,11	3,10	12,50	—	—	—
Böhler Rapid	0,75	0,24	Spur.	7,30	25,28	—	—	—
Krefelder Stahlwerke	0,45	0,09	0,05	6,44	21,65	—	—	—
Lindenberg	0,66	0,13	0,04	7,10	26,28	—	—	—
Saville	0,49	0,10	0,03	3,46	13,64	—	—	—
Sandviken	0,52	0,08	0,05	5,57	13,46	—	—	—
Vickers	0,60	0,47	0,28	3,90	12,50	—	—	—
Armstrong	0,65	0,39	0,15	2,95	12,00	—	—	—
Withworth	0,50	0,24	Spur.	3,53	11,91	—		—
Poldi Maximum	0,46	0,11	Spur.	5,06	17,22	2,50	—	—
Phönix Bleckmann	0,65	0,18	0,03	5,40	18,25	—	—	—
Dörrenberg	0,73	0,10	0,02	3,62	19,20	—	—	—
Danner	0,65	0,11	0,14	6,58	23,89	—	—	—
Putilow	0,55	0,18	0,05	4,68	11,86	—	—	—
Poldi Maximum	0,50	0,05	0,03	5,10	18,09	1,60	0,15	—
Bleckmann	0,48	0,10	0,04	5,48	15,17	3,38	0,22	—
Jonas & Colver	0,54	0,28	0,27	2,53	16.13	—	—	—
Böhler Rapid	0,60	0,10	0,11	4,15	18,20	2,30	0,45	—
Jonas & Colver „Noro Superior"	0,68	0,37	0,10	2,90	16,31	—	1,20	—
Mowbray	0,58	0,18	0,14	3,07	17,77	—	1,08	—
Darwin & Milner	0,63	0,12	0,13	4,72	17,70	—	0,67	—
Allen & Co.	0,65	0,24	0,19	3,78	15,20	—	0,90	—
Mushet-Osborn	0,60	0,17	0,12	4,38	13,48	—	0,86	—
Seebohm & Dieckstahl	0,45	0,17	0,02	3,22	18,32	—	0,76	—
Poldi Maximum Spezial	0,88	0,28	0,07	5.09	18,1	0,6	1,16	—
Becker	0,76	0,28	0,10	4,38	16,4	0,3	1,62	—
Lindenberg	0,58	0,26	0,37	4,30	—	7,19	0,16	1,13

In folgender Tabelle (nach Oberhoffer) findet sich eine Zusammenstellung einfacher und legierter Werkzeugstähle:

Werkzeugstähle (Kohlenstoffstähle)

Analyse % C	Analyse % Mn	Analyse % Si	Verwendungszweck:
1,25—1,38	0,35	0,25	Dreh- und Hobelmeißel normaler Beanspruchung, Fräser, Spiralbohrer, Rasiermesser, Sägefeilen.
1,40—1,50	0,35	0,25	Dreh- und Hobelmeißel normaler Beanspruchung, Fräser, Spiralbohrer, Rasiermesser, Sägefeilen usw.
0,99—1,10	0,35	0,25	Kompl. Schnitte und Stanzen, Prägestempel, Bohrer, Gewindebohrer, Feilen, Feilenhauermeißel, Kaltmatrizen und Scherenmesser usw.
0,90—0,98	0,35	0,25	Hand- und Schrotmeißel, Holzbearbeitungswerkzeuge, Kaltsägen und Metallkreissägen mit gestauchten, geschränkten und gewellten Zähnen, Gesenke.
0,70—0,79	0,35	0,25	Döpper, Hämmer, Warmmatrizen, Stanzen für weiche Bleche.
0,90—1,00	0,9—1,90	0,40	Für alle Arten Holzsägen und Messer, für Bearbeitung von Holz, Kork, Gummi, Leder, Papier, Tuch, Tabak usw. sowie für den landwirtschaftlichen Gebrauch, ferner besonders geeignet für Lehren.
0,85—0,92 bzw. 0,78—0,84	0,60	0,40	Für alle Arten Holzsägen und Messer, für Bearbeitung von Holz, Kork, Gummi, Leder, Papier, Tuch, Tabak usw. sowie für den landwirtschaftlichen Gebrauch, geeignet für Lehren.
0,80—0,83	0,35	0,25	Allgemeine Werkzeuge, Dorne, Körner, Drehstähle, auf Eisen usw.
1,10—1,20	0,35	0,25	Drehmeißel für Maschinenguß, Spiralbohrer, Reibahlen.
0,45	0,60—0,65	0,40—0,45	Schweißstahl, Gesteinsbohrer.
0,50—0,60	0,95—1,10	0,40—0,50	Stammblätter, Sägen, Messer.
0,55	1,00	0,35—0,45	Stammblätter, Sägen, Messer.
0,50—0,60	0,50—0,60	0,35	Gesenke.
0,40—0,50	0,8—1,0	1,8—2,2	Ausgleichfedern.

Legierte Werkzeugstähle.

Analyse: % C	% Mn	% Si	% Mo	% Cr	Verwendungszweck:
0,85—1,05	0,60	0,40	—	0,5—0,6	Lange Gewindebohrer, Stehbolzenbohrer, Kaltsägen, Metall-, Lang- und Kreissägen, Sägefeilen, Rasiermesser, Schlitzfräser, Schienensägen
1,0—1,20	0,35	0,25	0,5—0,7	1,0—1,2	Kaltsägen, Metallsägen, Schlitzfräser, Schienensägen, Metall-Langsägen, hochbeanspruchte Fräser, Drehstähle a. Hartguß.

Kugellager und Zieheisenstahl.

Analyse: % C	% Mn	% Si	% Mo	% Cr	Verwendungszweck:
0,85—1,05	0,35	0,25	—	0,9—1,3	Kugeln.
0,85—1,05	0,35	0,24	—	1,4—1,8	Kugellager.
1,00	0,25	0,40	—	1,5—1,7	Magnete.
2,20—2,50	0,35	0,25	—	2,8—3,3	Zieheisen.
2,20—2,50	0,35	0,25	—	11,0—12,0	Hochbeanspruchte Schnitte und Stanzen, Ziehdorne und Zieheisen.

Schnelldrehstähle.

Analyse: % C	% Mn	% Si	% W	% Cr	% Mo	% Co	% V	Verwendungszweck:
0,60—0,70	0,20	0,25	14,0—15,0	4,0—4,5	—	—	—	Dreh-, Schlicht- u. Schrubbarbeit zur Erzielung von Höchstleistungen.
0,60—0,70	0,20	0,25	16,0	4,0—4,5	—	—	—	Desgl.
0,60—0,70	0,35	0,35	12,0—14,0	4,0—4,5	1,5	1,5	0,3—0,5	Desgl.
0,60—0,70	0,35	0,25	24,0—26,0	4,5—5,0			1,0	Desgl.
0,60—0,70	0,20	0,10	0,30	4,0—4,5	7,0	1,0	0,2	Desgl.

Konstruktionsstahl (hochwertige Kurbelwellen).

Analyse: % C	% Mn	% Si	% Ni	% Cr	Verwendungszweck:
0,05—0,15	0,35—0,50	0,25	2,0—2,5 bzw. 4,5—5,5	—	Konstruktionsmaterial, Einsatzmaterial.
0,20—0,22	0,35—0,50	0,25	3,55—4,0	1,4—1,7	Konstruktionsmaterial, Einsatzmaterial, Warmpreßwerkzeuge.
0,05—0,15	0,35—0,50	0,25	3,5—4,5	1,4—1,7	Konstruktionsmaterial, Einsatzmaterial,
0,05—0,15	0,35—0,50	0,25	2,5—2,8	0,5—0,8	Konstruktionsmaterial, Einsatzmaterial.
0,12—0,15	0,40—0,60	0,25—0,31	—	0,90—1,0	Einsatzmaterial.
0,35—0,50	0,35—0,50	0,25	2,5—3,5 bzw. 4,0—4,5	1,3—1,5	Kurbelwellen ohne Einsatz.

Panzerstahl.

Analyse: % C	% Mn	% Si	% Ni	% Cr	Verwendungszweck:
0,35—0,45	0,70—1,0	0,70—1,0	—	0,70—1,0	Warmpreßstempel, Ventile, Panzerplatten usw.
0,38—0,42	0,50—0,60	0,30—0,40	1,8—2,0	0,75—1,0	Minenwerfer.

O. v. Keil.

VI. Chemische Untersuchung: A. Allgemeines.

1. Probenahme. Erste Vorbedingung, um bei der chemischen Untersuchung von Eisen und Stahl einwandfreie Werte zu erzielen, ist die richtige Entnahme des Probematerials.

Erschwert wird diese Arbeit durch die Neigung einzelner Bestandteile der Eisen- und Stahlsorten zum Seigern, d. h. der Trennung leichterflüssiger Bestandteile von den schwererflüssigen beim Erstarrungsvorgang; die leichterflüssigen Teile weisen eine andere Zusammensetzung auf wie die schwererflüssige Grundmasse. In dem weiter verarbeiteten Material finden sich die ausgeseigerten Bestandteile in Form örtlicher Anreicherungen vor, die durch geeignete Ätzverfahren an blankpolierten Schnittflächen als Bänder, Streifen, Zonen oder einzelne Nester sichtbar gemacht werden können (Makroskopische Gefügeuntersuchung nach E. Heyn). Die Feststellung solcher Anreicherungen gehört in das Arbeitsgebiet der Metallographie[1]), s. a. B. I.

Sind in einem Material Seigerungen nachgewiesen oder ist mit ihrem Vorhandensein zu rechnen, so ist es nicht zulässig, zur Ermittlung der durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung an beliebiger Stelle Späne etwa durch Anbohren oder teilweises Abdrehen zu entnehmen; man könnte sonst leicht zu fehlerhaften Werten gelangen. Die Probenahme hat dann in der Weise zu erfolgen, daß die

Analysenspäne über den ganzen Querschnitt des zu untersuchenden Stückes, am besten durch Hobeln entnommen werden.

Für die besondere Aufgabe, daß Art und Stärke der Seigerung in einem Stück festgestellt werden soll, wird vor der chemischen Analyse zweckmäßig eine metallographische Untersuchung des Materials ausgeführt. Auf Grund der hierbei gewonnenen Ergebnisse werden dann dem Stück an geeigneten seigerungsarmen und an seigerungsreichen Stellen Späne durch Hobeln oder Bohren entnommen.

Die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung verschiedener Stellen ein und desselben Stückes, die durch Seigerungen bedingt werden, sind oft recht erheblich und können die durch mangelhaftes Analysieren hervorgerufenen Fehler ganz wesentlich übersteigen. Die größten Unterschiede, die infolge von Seigerungen auftreten, finden sich im allgemeinen beim Phosphor- und Schwefelgehalt, sodann auch im Kohlenstoffgehalt, während sie bei den übrigen Bestandteilen meist geringer sind.

Wegen näherer Angaben über die Höhe der infolge von Seigerungen hervorgerufenen Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung von Eisen und Stahl sei auf die Literatur verwiesen[2]).

2. Die chemischen Bestandteile von Eisen und Stahl. Die Untersuchung der gewöhnlichen Sorten von Eisen und Stahl erstreckt sich auf die Elemente Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel und Kupfer; unter vollständiger chemischer Analyse einer gewöhnlichen Eisen- oder Stahlprobe wird im allgemeinen die Untersuchung auf diese 6 Bestandteile verstanden; da diese Stoffe in jeder Eisen- oder Stahlprobe in wechselnden Mengen vorkommen, ist die qualitative Prüfung darauf überflüssig.

Außer den genannten Stoffen sind fast in jedem Material noch Arsen, Nickel und Chrom, in Roheisen, Gußeisen, Ferromangan außer diesen noch Vanadin in kleinen Mengen vorhanden; bei gewöhnlichen Analysen wird jedoch auf die Bestimmung dieser Stoffe verzichtet, weil ihre Menge zu gering erscheint, um einen Einfluß auf die Eigenschaften des Materials erkennen zu lassen.

Als Bestandteile besonderer Stahlsorten (Sonderstahl, Spezialstahl, legierter Stahl, Werkzeug- und Schnellarbeitsstahl) kommen folgende Zusatzmetalle in Betracht: Nickel, Kobalt, Chrom, Aluminium, Titan, Wolfram, Molybdän, Vanadin. Der Gehalt der mit Nickel oder Chrom legierten Stahlsorten an diesen Stoffen ist dann größer als der in gewöhnlichen Stahlsorten vorkommende, der im allgemeinen 0,1% Nickel oder Chrom nicht überschreitet.

In besonderen Fällen kann die Ermittlung des Gehaltes an Sauerstoff, Stickstoff, Antimon und Schlacke in Betracht kommen.

Endlich wird, besonders bei Gesamtanalysen hochlegierter Stahlsorten, noch der Eisengehalt bestimmt, der sich mit den prozentischen Werten der übrigen Bestandteile zu 100 ergänzen muß.

B. Bestimmung der einzelnen Stoffe.

1. Kohlenstoff. Kohlenstoff kommt in Eisen und Stahl sowohl im freien Zustande als Graphit und Temperkohle (beide nicht chemisch voneinander trennbar), als auch in gebundenem Zustand als Karbid, und zwar in Form des freien Karbids Fe_3C und als Mischkristall mit Eisen vor. Ledebur unterscheidet noch eine andere Form des gebundenen Kohlenstoffs, die Härtungskohle, für deren Bestimmung aber ein zuverlässiges analytisches Verfahren fehlt.

Gewöhnlich wird von Eisen- und Stahlproben der Gehalt an Gesamtkohlenstoff ermittelt, in Roheisen, Gußeisen, Temperguß, Nickelstahl außerdem der Gehalt an Graphit bzw. Temperkohle; der Gehalt an gebundenem Kohlenstoff ergibt sich als Unterschied zwischen Gesamtkohlenstoff und Graphit bzw. Temperkohle.

a) Gesamtkohlenstoff. Die Mehrzahl der Verfahren zu seiner Bestimmung beruhen auf der Überführung des Kohlenstoffs in Kohlendioxyd (CO_2) und Bestimmung des letzteren durch Wägung oder Messung. Man unterscheidet hierbei indirekte Verfahren, bei denen der Kohlenstoff, bevor er zu CO_2 oxydiert wird, auf chemischem Wege vom Eisen getrennt wird, und direkte Verfahren, bei denen der Kohlenstoff gleichzeitig mit dem Eisen oxydiert wird.

Die indirekten Verfahren: Die Trennung des Kohlenstoffs vom Eisen kann bewirkt werden: nach dem Berzeliusschen Verfahren und dessen Abänderungen durch Umsetzung der Eisenspäne mit Kupfersalzlösungen, nach Sargent[3]) mit Eisenchloriddoppelsalzlösung, nach Boussingault[4]) mit Quecksilberchloridlösung, nach Löwe[5]) mit Jod in Gegenwart von Wasser. Auf trockenem Wege kann die Trennung nach dem von Wöhler empfohlenen Chlorverfahren (Erhitzen der Probe im Chlorstrom bis zur Verflüchtigung des Eisens als $FeCl_3$) erfolgen, ferner nach Boussingault[6]) durch Erhitzen mit Quecksilberchlorid.

Der nach einem dieser Verfahren ge-

wonnene und entsprechend gereinigte Kohlenstoff wird schließlich durch Verbrennen mit Sauerstoff wie bei der Elementaranalyse oder durch Kochen mit Chromschwefelsäurelösung in CO_2 übergeführt; dieses wird im Natronkalkrohr aufgefangen und gewogen, oder nach anderen Vorschlägen gasvolumetrisch gemessen. Zuverlässiger als die indirekten Verfahren, weil weniger Fehlerquellen ausgesetzt, sind *die direkten Verfahren*, bei denen die Probe entweder nach Särnström[7]), Corleis[8]) u. a. durch Kochen mit Chromschwefelsäurelösung oxydiert wird oder im Porzellanrohr mit Sauerstoff bei genügend hoher Temperatur (etwa 1200° C) verbrannt wird, wobei jedesmal der gesamte Kohlenstoff in CO_2 übergeht, das gewogen oder gemessen wird.

Das letztere Verfahren hat seit der Einführung des elektrischen Röhrenofens zur Kohlenstoffbestimmung durch Neumann[9]), Mars[10]) u. a. wegen seiner raschen Durchführbarkeit und seiner Zuverlässigkeit Eingang in die Praxis gefunden und die indirekten Verfahren nahezu völlig verdrängt.

Zur Ermittlung der Menge des entstandenen CO_2 sind für genaue Analysen gewichtsanalytische Verfahren, für rasch auszuführende Betriebsanalysen auch gasvolumetrische Verfahren in Anwendung. Ein Apparat zur gasvolumetrischen Kohlenstoffbestimmung wird z. B. von der Firma Ströhlein und Co., Düsseldorf, Adersstr. 93 vertrieben[11]).

Kommt es hauptsächlich auf schnelle Ausführung der Kohlenstoffbestimmung in Flußeisen und Stahleisen an, so leistet das kolorimetrische Verfahren nach Eggertz[12]) bei ungehärtetem Material gute Dienste. Das Verfahren beruht auf der Erscheinung, daß die Lösung eines Stahls in heißer verdünnter Salpetersäure um so dunkler braun gefärbt ist, je höher der Gehalt des Materials an gebundenem Kohlenstoff ist. Verdünnt man die Lösungen gleich großer Einwagen so lange, bis die Färbungen der Lösungen gleich erscheinen, so stehen die Kohlenstoffgehalte der Proben im Verhältnis der Raummengen ihrer Lösungen. Zum Vergleich benutzt man hierbei Normalstahlproben von bekanntem Kohlenstoffgehalt, die gleichzeitig mit den zu untersuchenden Proben gelöst und weiterbehandelt werden. Die Lösungen werden in engen, mit Maßeinteilung versehenen Eggertzröhren verdünnt, bis sie gleiche Färbungen zeigen; aus den abgelesenen Raummengen wird der Kohlenstoffgehalt berechnet. Normalstahlproben mit bekanntem Kohlenstoffgehalt können vom Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem, Unter den Eichen, bezogen werden.

Berechnung für die gewichtsanalytische Bestimmung des Kohlenstoffs:

$$\text{Kohlenstoff in \%} = \frac{\text{Auswage an } CO_2}{\text{Einwage}} \cdot 27{,}273.$$

b) Graphit und Temperkohle. Ihre Bestimmung in Roheisen, Gußeisen, Temperguß oder Nickelstahl erfolgt durch Lösen des Probematerials mit verdünnter Salpetersäure und Erhitzen, wobei der gebundene Kohlenstoff in flüchtige oder lösliche Verbindungen übergeführt wird; beim Filtrieren durch ein Asbestfilter bleibt durch Kieselsäure verunreinigter Graphit zurück. Zu seiner Überführung in CO_2 kann man ihn entweder mit Chromschwefelsäure verbrennen oder, nach Einpacken in ein Porzellanschiffchen und Trocknen bei 105° C, mit Sauerstoff im elektrisch geheizten Ofen. Das entstehende CO_2 wird wie bei der Gesamtkohlenstoffbestimmung gewogen und aus dem Gewicht der Gehalt an Graphit berechnet.

Bei der Entnahme der Späne aus dem Stück und beim Abwägen der Analysenproben muß darauf Rücksicht genommen werden, daß der Graphit besonders bei graphitreichem Material (z. B. von Gußeisen) in den feinpulvrigen Anteilen angereichert ist. Das Entnehmen der Proben muß daher mit besonderer Sorgfalt geschehen; keinesfalls darf das feinpulvrige Material, das z. B. beim Hobeln abfällt, verworfen werden.

2. Silizium. Silizium kommt in Eisen und Stahl in Form des Eisensilizids FeSi vor. Von Säuren wird das Silizid unter Bildung von SiO_2 zerlegt; zu einer Bildung von Siliziumwasserstoff oder (bei Anwendung von Salzsäure) von $SiCl_4$, wodurch Verluste bedingt wären, kommt es hierbei nicht.

Da die Kieselsäure bei der Bestimmung anderer Stoffe, wie Phosphor, Mangan, Nickel usw. störend wirkt und daher entfernt werden muß, so verbindet man die Siliziumbestimmung meist mit der Ermittlung anderer Stoffe und wählt dafür ein zugleich für die Bestimmung dieser passendes Verfahren.

a) Lösen mit Salpetersäure. Soll die Einwage zugleich der Phosphorbestimmung dienen, so löst man mit verdünnter Salpetersäure. Da die Kieselsäure sich aber aus salpetersauren Lösungen nicht quantitativ abscheiden läßt, so erfolgt ihre Abscheidung nach Zerstörung der Nitrate durch Glühen in der Weise, daß der Rückstand mit Salzsäure gelöst und die Kieselsäure nunmehr aus salzsaurer Lösung durch Eindampfen und

Erhitzen auf 130° im Luftbad unlöslich gemacht wird. Nach Wiederlösen mit Salzsäure und Abfiltrieren kann die Kieselsäure verascht und gewogen werden. Etwa noch vorhandenes Eisenoxyd wird durch Abrauchen mit Flußsäure und wenig Schwefelsäure bestimmt und in Abzug gebracht.

Das Filtrat von der Kieselsäure kann für die Ermittlung anderer Stoffe, z. B. von Phosphor oder Mangan dienen.

b) Lösen mit Salzsäure. Soll gleichzeitig mit dem Silizium Mangan oder Nickel bestimmt werden, so kann die Probe mit starker Salzsäure gelöst werden; die Kieselsäure wird aus dieser Lösung nach Eindampfen, Erhitzen bei 130° C und Wiederlösen mit Salzsäure abgeschieden und im übrigen wie bei Verfahren a bestimmt. Das Filtrat kann zur Bestimmung anderer Stoffe, aber nicht von Phosphor dienen.

c) Aufschließen mit Magnesia-Soda nach Rothe[13]). Siliziumreiche Legierungen, wie Ferrosilizium oder die neuerdings zu säurefesten Gefäßen verwendeten siliziumreichen Roheisen lassen sich durch Säuren nicht oder nur unvollkommen in Lösung bringen; die Verfahren a und b können daher nicht angewandt werden. In solchen Fällen verfährt man wie folgt: das feingepulverte Material wird mit einer Mischung von wasserfreier Soda (2 Teile) und Magnesia (1 Teil) innig vermengt und das Ganze im Platintiegel kräftig erhitzt. Die Masse sintert zusammen und läßt sich nun mit Salzsäure unter Abscheidung von Kieselsäure völlig zersetzen. Die Entfernung und Bestimmung der Kieselsäure erfolgt weiter wie bei Verfahren b. Berechnung:

$$\text{Siliziumgehalt} = \frac{\text{Auswage an } SiO_2}{\text{Einwage}} \cdot 46{,}93.$$

3. Mangan. Die Ermittlung des Mangangehaltes in Eisen und Stahl kann durch Gewichtsanalyse oder durch Maßanalyse erfolgen. Maßanalytische Verfahren sind in großer Zahl vorgeschlagen worden, von denen die wichtigsten sind:

a) Das Permanganatverfahren nach Volhard-Wolff[14]).

b) Das Chloratverfahren nach Hampe-Ukena[15]).

c) Das Persulfatverfahren nach v. Knorre[16]).

d) Das Silberperoxydverfahren nach Marshall-Procter Smith[17]).

e) Das Wismutperoxydverfahren nach Schneider[18]).

f) Das Bleisuperoxydverfahren nach Forchhammer-Crum[19]).

Gewichtsanalytische Bestimmung des Mangans[20]): Für die gewichtsanalytische Bestimmung wird die Eisenprobe in eine kieselsäurefreie, salzsaure Lösung übergeführt, die alles Eisen in Form von Ferrisalz enthält (z. B. wie die nach Verfahren a der Siliziumbestimmung erhaltene Lösung). Aus dieser wird das Eisen durch Ausäthern nach Rothe entfernt, die verbleibende Lösung wird durch H_2S von Kupfer befreit, das Filtrat mit H_2SO_4 abgeraucht. Durch oxydierendes Schmelzen des Rückstandes wird das Mangan von geringen Mengen Chrom, Phosphor und Vanadin getrennt, der erhaltene Niederschlag nach Lösen mit Salzsäure von Spuren Eisen, sowie von Nickel und Kobalt befreit und aus dem Filtrat schließlich das Mangan mittels Brom und Ammoniak als Superoxyd abgeschieden. Bei kleineren Mengen Mangan kann man den veraschten Niederschlag als Mn_3O_4 zur Wägung bringen; bei größeren Manganmengen empfiehlt sich Abrauchen mit Salzsäure und Schwefelsäure und Wägung als $MnSO_4$. Berechnung bei Wägung als Mn_3O_4:

$$\text{Mangangehalt in \%} = \frac{\text{Auswage an } Mn_3O_4}{\text{Einwage}}$$

.72,03; bei Wägung als $MnSO_4$:

$$\text{Mangangehalt in \%} = \frac{\text{Auswage an } MnSO_4}{\text{Einwage}}$$

.36,38.

Die maßanalytischen Verfahren: a) Permanganatverfahren nach Volhard-Wolff[14]). Das Verfahren beruht auf der Fällung des Manganosalzes durch eingestellte Kaliumpermanganatlösung als Mangandioxyd; die Umsetzung erfolgt bei Gegenwart von Zinkoxyd in heißer Lösung nach der Gleichung:

$$2MnO_4' + 3Mn'' + 2H_2O = 5MnO_2 + 4H^{\cdot}.$$

Die Anwesenheit von Eisenhydroxyd $Fe(OH)_3$ wirkt nicht störend. Der Endpunkt der Umsetzung gibt sich in der nach Absitzen des Niederschlages klaren Flüssigkeit durch Auftreten der Permanganatfärbung zu erkennen.

Bei Vorhandensein von Chrom, Vanadin, Kobalt, oder größeren Mengen Nickel fallen die Manganwerte zu hoch aus.

b) Chloratverfahren nach Hampe-Ukena[15]). Bei diesem Verfahren wird das Mangan aus stark eingeengter, salpetersaurer Lösung (bei Gegenwart des Eisens) durch Kochen mit Kaliumchlorat gefällt; der sorgfältig ausgewaschene Niederschlag wird mit eingestellter Ferrosulfatlösung und Schwefelsäure in Lösung gebracht und der Ferrosulfatüberschuß mit gleichfalls eingestellter Permanganatlösung zurückgemessen. Aus dem Verbrauch an Ferrosulfatlösung, umgerechnet auf die entsprechende Menge Permanganatlösung,

läßt sich der Mangangehalt des Materials berechnen. Durch Mitfallen anderer höherer Oxyde als von Mangan werden leicht zu hohe Werte erhalten; andererseits stört die Anwesenheit von größeren Phosphorsäuremengen durch Bildung von löslichem Manganiphosphat, wobei Mangan der Bestimmung entgeht.

c) Persulfatverfahren nach v. Knorre[16]). Das Verfahren hat die gleichen Grundlagen wie das vorhergehende, mit dem Unterschied, daß die Fällung des Mangandioxyds hier aus verdünnt schwefelsaurer Lösung durch Kochen mit Ammoniumpersulfat erfolgt.

d) Silberperoxydverfahren nach Marshall-Procter Smith[17]). Danach wird die salpetersaure Lösung der Probe durch Ammoniumpersulfat bei Gegenwart von wenig Silbernitrat oxydiert; durch das hierbei primär sich bildende Silberperoxyd geht das vorhandene Mangan in Permangansäure über, die nach Deshayes mit Hilfe einer eingestellten Lösung von arseniger Säure titriert werden kann.

Um vergleichbare Werte zu erlangen, müssen die Vorschriften zur Ausführung des Verfahrens sehr genau eingehalten werden. Anwesenheit selbst geringer Chrommengen erhöht die Manganwerte.

e) Wismutperoxydverfahren nach Schneider[18]). Hierbei erfolgt die Oxydation des Mangans zu Übermangansäure durch Wismutsuperoxyd; das überschüssige Superoxyd muß durch Filtrieren entfernt werden, bevor die entstandene Übermangansäure titriert werden kann.

f) Bleisuperoxydverfahren nach Forchhammer-Crum[19]). Zur Oxydation des Mangans dient manganfreies Bleisuperoxyd; die Notwendigkeit, Bleisuperoxyd im Überschuß anzuwenden, macht hier ebenfalls die Filtration der Übermangansäurelösung notwendig.

Die letztgenannten 3 Verfahren sind auch als kolorimetrische Schnellverfahren ausgebildet worden. Die maßanalytischen Verfahren sind erheblich rascher durchführbar, als die Bestimmung durch Gewichtsanalyse, sie besitzen indessen kaum zu umgehende Fehlerquellen. Diese lassen sich bis zu gewissem Grade dadurch ausschalten, daß man zur Einstellung der Titrierflüssigkeit eine Normalprobe mit genau bekanntem Mangangehalt benutzt, die in ihrer übrigen Zusammensetzung der zu untersuchenden Probe ähnlich ist, oder daß man bei Berechnung der Werte einen Erfahrungsfaktor verwendet.

So umständlich das gewichtsanalytische Verfahren dagegen erscheinen mag, so ist es noch immer das einzige, das bei sorgsamer Ausführung, unabhängig von der Art des zu untersuchenden Materials, einwandfreie Werte ergibt; in Streitfällen, bei Schiedsanalysen oder dergl. sollte daher nur das gewichtsanalytische Verfahren ausschlaggebend sein.

4. Phosphor. In Eisen und Stahl als Mischkristall Eisen-Eisenphosphid auftretend.

Fast alle Verfahren zur Ermittlung des Phosphorgehaltes in Eisen und Stahl sind auf der Ausfällung der Phosphorsäure durch salpetersaure Molybdänsäurelösung begründet; die schon von Gmelin[21]) erwähnte Reaktion ist von Sonnenschein[22]) zur quantitativen Phosphorbestimmung eingeführt worden. Um die Reaktion zur Eisenanalyse verwenden zu können, muß die Probe zunächst in geeigneter Weise in Lösung gebracht und diese für die Fällung vorbereitet werden. Das Probematerial wird stets mit Salpetersäure gelöst; da aber die Oxydation des Phosphors hierbei teilweise nur bis zur phosphorigen Säure fortschreitet, so muß die oxydierende Wirkung verstärkt werden, was man entweder durch Glühen der Nitrate oder durch Kochen der Lösung mit Kaliumpermanganat erreicht. Durch Behandeln des Glührückstands bzw. des Manganniederschlages mit Salzsäure erhält man Lösungen, die nunmehr allen Phosphor als Phosphorsäure enthalten. Vorhandene Kieselsäure muß nach Verfahren a der Siliziumbestimmung entfernt oder durch Zusatz einiger Tropfen Flußsäure unschädlich gemacht werden. Nach Entfernung der überschüssigen Salzsäure durch Eindampfen kann alsdann die Fällung der Phosphorsäure vorgenommen werden.

Die Fällung selbst kann entweder in der Kälte bei etwa 20stündigem Stehenlassen oder in der Wärme (etwa 60° C) bei etwa halbstündigem Stehenlassen erfolgen. Der Niederschlag besitzt die Zusammensetzung $(NH_4)_3PO_4$, $12MoO_3$.

Man unterscheidet je nach der weiteren Behandlung, die der Niederschlag zu seiner Wägung oder Messung erfährt, folgende Verfahren:

a) Verfahren von Finkener[23]). Der Niederschlag wird durch Ammoniak in einen gewogenen Porzellantiegel übergeführt, die Lösung eingeengt, im Tiegel der Niederschlag durch Salpetersäure wieder abgeschieden, darauf die Ammonsalze verdampft und der Rückstand gewogen.

$$\text{Berechnung: Phosphor in \%} = \frac{\text{Auswage an gelbem Niederschlag}}{\text{Einwage}} \cdot 1{,}65.$$

b) Magnesiaverfahren nach Stöckmann[24]). Die Auflösung des Niederschlages mit Ammoniak wird durch Mag-

nesiamischung gefällt und der Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia als Magnesiumpyrophosphat gewogen.

Berechnung: Phosphor in % = $\frac{\text{Auswage an } Mg_2P_2O_7}{\text{Einwage}} \cdot 27{,}87\,\%$.

c) Titration mit Permanganatlösung nach Emerton[25]). Der mit Ammoniak gelöste Niederschlag wird unter Erwärmen während 10 Minuten durch Zink und verdünnte Schwefelsäure reduziert. Das in der Lösung vorhandene Molybdän geht dabei größtenteils in die 3-wertige Stufe über; nach Literaturangaben wird die der Formel $Mo_{12}O_{19}$ entsprechende Stufe erreicht. Die Lösung wird filtriert und mit eingestellter Permanganatlösung bis zum Auftreten der Permanganatfärbung titriert.

d) Alkalimetrische Bestimmung nach Hundeshagen[26]). Der säurefrei ausgewaschene Niederschlag wird mit einer gemessenen Menge eingestellter Natronlauge gelöst und der Laugenüberschuß durch eingestellte Salpetersäure unter Anwendung von Phenolphthalein als Indikator zurückgemessen.

Von den genannten 4 Verfahren liefert das von Finkener zuverlässige Werte; es kann für Schiedsanalysen verwendet werden.

Ist bei der Fällung der Phosphorsäure zugleich Arsensäure anwesend, so fallen die Phosphorwerte nach Finkeners Verfahren zu hoch aus. Zur Entfernung der Arsensäure setzt man der Lösung vor dem Zugeben der Molybdänlösung etwas reine Bromwasserstoffsäure zu und dampft nochmals auf dem Wasserbade ein; sämtliches Arsen wird auf diese Weise verflüchtigt und die Lösung kann dann in gewöhnlicher Weise gefällt werden[27]).

Als für die Phosphorbestimmung in siliziumarmem Flußeisen verwendbares Schnellverfahren hat ein Schleuderverfahren[28]) in der Praxis Anwendung gefunden. Die Fällung des Phosphormolybdatniederschlages wird in einem besonders für diesen Zweck hergestellten Schleudergefäß vorgenommen. Das nach unten konisch sich verengende Gefäß geht in ein etwa 5 cm langes, zylindrisches Rohrstück von 0,2 ccm Inhalt über, das eine Einteilung in 40 Teile von je 0,005 ccm trägt. In das Gefäß wird die zu fällende Lösung übergespült und die erforderliche Molybdänlösung zugesetzt; das Gefäß wird dann in der Schleudermaschine 1 Minute lang bei bestimmter Umdrehungszahl ausgeschleudert. Der Niederschlag sammelt sich dabei in dem mit Teilung versehenen Rohrstück an und seine Menge kann direkt abgelesen werden. Durch Vergleich mit der Niederschlagsmenge, die unter gleichen Versuchsbedingungen eine Probe mit genau bekanntem Phosphorgehalt ergibt, läßt sich der Phosphorgehalt der Probe berechnen.

5. Arsen. Für die Ermittlung des Arsengehaltes besteht die Schwierigkeit, an der fast alle bisher veröffentlichten Verfahren kranken, das Probematerial ohne Arsenverluste in die geeignete Lösung zu bringen. Dies geschieht am sichersten, wenn man das Probematerial in einem Erlenmeyerkolben mit etwas mehr als der berechneten Menge Kaliumchlorat mischt und, unter anfänglicher Kühlung, mit konzentrierter Salzsäure löst; dabei geht folgende Umsetzung vor sich:

$$2Fe + KClO_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + KCl + 3H_2O,$$

und sämtliches Arsen wird zu Arsensäure oxydiert.

Zur Trennung des Arsens vom Eisen bringt man die Lösung in einen Arsendestillationsapparat nach Ledebur[29]), fügt ausreichende Mengen von Kupferchlorür und Salzsäure zu und destilliert bis auf einen kleinen Rest ab; nach nochmaligem Salzsäurezusatz wird die Destillation wiederholt. Die im Destillat vorhandene Arsensäure wird wie folgt bestimmt:

Entweder a) Maßanalytisch nach vorsichtigem Neutralisieren der stark salzsauren Lösung mit Natriumbikarbonat durch eingestellte $\frac{n}{20}$-Jodlösung,

Oder b) Gewichtsanalytisch nach Fällen mit Schwefelwasserstoff, Lösen des durch Asbest filtrierten Niederschlags mit Ammoniak, Eindampfen und Oxydieren mit Salpetersäure und Fällen der Arsensäure mit Magnesiamischung. Der Niederschlag von Magnesiumammoniumarsenat wird als Pyroarsenat gewogen.

6. Schwefel. Ist im Eisen stets als Eisensulfür FeS vorhanden, das leicht zur Seigerung neigt.

Für die Bestimmung des Schwefelgehaltes in Eisen und Stahl sind 2 Grundarten von Verfahren in Benutzung. Den am häufigsten verwendeten Verfahren liegt die Beobachtung zugrunde, daß durch starke Salzsäure von mindestens 1,15 spez. Gew. der gesamte Schwefel in Form von Schwefelwasserstoff verflüchtigt wird (Entwicklungsverfahren). Bei der zweiten Art wird das Probematerial durch Salpetersäure von 1,40 spez. Gew. oxydierend in Lösung gebracht, derart, daß zugleich der sämtliche Schwefel in Schwefelsäure übergeht (Oxydationsverfahren).

Der nach dem Entwicklungsverfah-

ren entstehende Schwefelwasserstoff kann auf verschiedene Weise bestimmt werden. Durch Einleiten der Entwicklungsgase in oxydierende Lösungen wie Bromsalzsäure[30]), Kaliumpermanganatlösung[31]), alkalische Wasserstoffsuperoxydlösung[32]) u. a. wird eine entsprechende Menge Schwefelsäure gebildet, die als $BaSO_4$ gefällt und bestimmt werden kann. Oder die Entwicklungsgase werden in Kadmiumazetatlösung geleitet, wobei Kadmiumsulfid ausfällt, das auf jodometrischem Wege bestimmt[33]) oder auch nach Umsetzung mit Kupfersulfatlösung in Kupfersulfid übergeführt und nach Veraschen als CuO gewogen werden kann[34]).

Beim Oxydationsverfahren wird vor der Fällung der Schwefelsäure durch Bariumchlorid, da es sich meist um geringe Mengen Schwefelsäure handelt, das Eisen nach Rothes Ätherverfahren entfernt und die Schwefelsäure in der kieselsäure- und eisenfreien Lösung ermittelt[35]).

Berechnung bei Wägung als $BaSO_4$:

$$\text{Schwefel in \%} = \frac{\text{Auswage an } BaSO_4}{\text{Einwage}} \cdot 13{,}73$$

bei Wägung als CuO:

$$\text{Schwefel in \%} = \frac{\text{Auswage an CuO}}{\text{Einwage}} \cdot 40{,}29.$$

7. Kupfer. Zur Bestimmung des Kupfergehaltes kann man von der Auflösung des Eisens in Salzsäure (Eisenchlorürlösung) oder von der Eisenchloridlösung ausgehen, die man bei Verfahren a der Siliziumbestimmung als Filtrat erhält.

Aus der Auflösung des Eisens in Salzsäure wird durch Einleiten von Schwefelwasserstoff das Kupfer ausgefällt. Da der Niederschlag außer CuS je nach der Art des Probematerials durch wechselnde Mengen Kieselsäure, Graphit und meist etwas Eisen verunreinigt ist, so ist eine Reinigung des Niederschlages erforderlich. Der veraschte Niederschlag wird mit Salzsäure gelöst, die vorhandene Kieselsäure wie beim Verfahren b der Siliziumbestimmung beschrieben unlöslich gemacht und entfernt, das Kupfer im Filtrat durch H_2S gefällt, verascht und als CuO gewogen.

Ledebur sieht auch das Vorhandensein von Antimon und Arsen im Niederschlag vor und empfiehlt das gefällte Kupfersulfid von diesen Metallen durch Digerieren mit Schwefelnatriumlösung zu befreien.

Berechnung:

$$\text{Kupfer in \%} = \frac{\text{Auswage an CuO}}{\text{Einwage}} \cdot 79{,}89.$$

Anstatt das Kupferoxyd zu wägen, kann man auch — und dies ist besonders bei etwas größeren Kupfermengen als zuverlässiger zu empfehlen — das Kupferoxyd mit wenig Salpetersäure und Schwefelsäure lösen, das Kupfer elektrolytisch auf einer gewogenen Platinnetzelektrode niederschlagen und als reines Metall zur Wägung bringen.

8. Nickel. Die Bestimmung dieses Metalls erfolgt durch elektrolytische Abscheidung oder durch Fällen mit Dimethylglyoximlösung. Für Betriebszwecke kommt als Schnellverfahren noch die Titration mit Zyankaliumlösung in Betracht.

Elektrolytisches Verfahren[35]). Zur elektrolytischen Abscheidung wird zunächst die Kieselsäure abgeschieden und Eisen nach dem bei der Manganbestimmung durch Gewichtsanalyse beschriebenen Ätherverfahren nach Rothe entfernt. Aus der eisenfreien Lösung wird Kupfer durch H_2S, Chrom, Vanadin und Phosphor durch Schmelzen mit Ätznatron und Superoxyd wie beim Mangan beschrieben, entfernt. Den beim Auslaugen der Schmelze verbleibenden Rückstand von Nickel- und Manganoxyden löst man mit Salzsäure, fällt die letzten Reste Eisen durch Ammoniumazetat und aus dem Filtrat hiervon Nickel nebst vorhandenem Kobalt durch Schwefelwasserstoff. Die Sulfide werden abfiltriert, verascht, mit Königswasser wieder in Lösung gebracht, die Lösung wird mit überschüssiger Schwefelsäure eingedampft, mit Ammoniak übersättigt und aus dieser Lösung das Metall auf elektrolytischem Wege auf eine Netzelektrode niedergeschlagen.

Aus dem Gewicht des Metalls ergibt sich der Nickelgehalt des Materials.

Das elektrolytische Verfahren besitzt den Vorzug, für alle Arten von Eisen und Stahl, Stahllegierungen usw. anwendbar zu sein. Ist Kobalt zugegen, so wird dies bei der Elektrolyse mit dem Nickel zusammen abgeschieden. Um den Nickelwert für sich zu erhalten, löst man die Metalle von der Netzelektrode durch wenig konzentrierte Salpetersäure ab, fällt das in der Lösung vorhandene Nickel aus schwach essigsaurer Lösung mit Dimethylglyoxim und filtriert den Nickelniederschlag durch einen Goochtiegel ab. Aus der Menge des Niederschlags ermittelt man durch Multiplizieren mit 0,2032 den Gehalt an Nickelmetall.

Dimethylglyoximverfahren[37]). Sind nicht zu geringe Nickelmengen in dem Probematerial vorhanden, so läßt sich das Ätherverfahren samt der nachfolgenden Entfernung der Elemente Cu, Cr, P, Mn umgehen und das Nickel aus der eisenhaltigen Lösung fällen. Man verwendet dazu die kieselsäurefreie Eisenchloridlösung, wie sie als Filtrat bei der Siliziumbestimmung nach Verfahren a erhalten wird. Man versetzt z. B. die einer Menge von 1 g Stahl entspre-

chende Lösung mit 14 ccm 50prozentiger Weinsäurelösung, macht nun die Lösung mit Ammoniak alkalisch, wobei eine klare braune Lösung erhalten wird. Aus dieser Lösung fällt man mit 20 ccm einer 1%igen alkoholischen Dimethylglyoximlösung das Nickel, erwärmt etwa eine Stunde lang auf dem Dampfbad, läßt darauf eine Stunde lang abkühlen und filtriert den Niederschlag durch einen gewogenen Goochtiegel ab. Nach dem Trocknen bei 110 bis 120° wird der Niederschlag gewogen. Er besitzt die Zusammensetzung

$[N(OH) = C(CH_3) - C(CH_3) = N\text{-}O\text{-}]_2Ni$.

$$\text{Berechnung: Nickel in \%} = \frac{\text{Auswage an Ni-Niederschlag}}{\text{Einwage}} \cdot 20{,}32\,\%.$$

Maßanalytisches Verfahren[38]): Das Verfahren beruht darauf, daß Nickelion $Ni^{\cdot\cdot}$ in schwach ammoniakalischer Lösung durch Zyankalium in komplexes $Ni(CN)_4^{\prime\prime}$-Ion übergeführt wird. Erzeugt man in der Lösung zuvor eine geringe Trübung von Jodsilber und titriert mit Zyankaliumlösung, so verschwindet diese Trübung erst dann, wenn sämtliches Nickelion in das komplexe Zyanid übergegangen ist. Die zur Titration geeignete Lösung erhält man durch Lösen der Probe in Salpetersäure, Zugabe einer reichlichen Menge Ammoniumzitrat und Ammoniak bis zur schwachalkalischen Reaktion. Die Jodsilbertrübung als Indikator wird durch Zugabe von wenig Jodkalium und einer gemessenen Menge (etwa 3 ccm) einer $^1/_{50}$ normalen Silbernitratlösung erzeugt. Man titriert mit einer 0,3prozentigen Zyankaliumlösung, bis die Trübung eben verschwunden ist. Den Titer der Zyankaliumlösung ermittelt man durch Titrieren einer Nickelstahlprobe von bekanntem Nickelgehalt.

Das maßanalytische Verfahren erfordert viel Übung und versagt, wenn wesentliche Mengen Kupfer zugegen sind, das durch Zyankaliumlösung in gleicher Weise titriert wird. Man gelangt dann durch das Dimethylglyoximverfahren rascher zum Ziel.

9. Kobalt. Zur Ermittlung des Kobaltgehaltes wird der gleiche Weg eingeschlagen wie unter dem elektrolytischen Verfahren beim Nickel beschrieben. Man erhält bei der Elektrolyse den Gehalt an Kobalt + Nickel und bestimmt das Nickel durch Fällen mit Dimethylglyoxim aus schwachessigsaurer Lösung. Der Kobaltgehalt ergibt sich dann einmal durch Abzug der Nickelmenge vom Gesamtmetall Co + Ni; er läßt sich aber auch direkt bestimmen, wenn man das Filtrat von der Nickelfällung eindampft, mit Salpetersäure oxydiert, mit Schwefelsäure abraucht und das vorhandene Kobalt wiederum aus ammoniakalischer Lösung elektrolytisch abscheidet.

Die Trennung von Nickel und Kobalt läßt sich auch nach Rosenheim und Huldschinsky[39]) durch Behandeln der Doppelrhodanide beider Metalle mit Amylalkohol-Äther durchführen. Dieses Verfahren ist aber umständlicher, als die oben beschriebene Elektrolyse in Verbindung mit der Dimethylglyoximfällung des Nickels.

10. Chrom. Die Verfahren zur Chrombestimmung in Eisen und Stahl haben als gemeinsame Grundlage die Überführung des Chroms in Chromsäure und die Bestimmung der Chromsäure durch Titration.

Die Überführung des Chroms in Chromsäure kann entweder in Gegenwart von Eisen oder in einer von diesem freien Lösung erfolgen.

Nach v. Knorre[40]) wird die Überführung des Chroms in Chromsäure bei Gegenwart des Eisens in folgender Weise erreicht: Die Probe wird mit Schwefelsäure gelöst, die Lösung unter Zusatz von Ammoniumpersulfat bis schließlich zur Zerstörung des Persulfatüberschusses gekocht und das etwa ausgeschiedene Mangansuperoxyd nach Absitzenlassen abfiltriert. Im Filtrat wird dann die Chromsäure bestimmt.

Philips[41]) führt die Oxydation mit Persulfat bei Anwesenheit von etwas Silbernitratlösung aus und setzt zur schnelleren Zerstörung des Persulfatüberschusses etwas Salzsäure zu.

Sehr vorteilhaft läßt sich zur Chrombestimmung die Lösung verwenden, die man bei der Manganbestimmung (durch Gewichtsanalyse) durch Aufschließen des eisenfreien Teils mit Ätznatron und Natriumsuperoxyd, Auslaugen mit Wasser und Filtrieren erhält.

Die maßanalytische Bestimmung der Chromsäure in diesen Lösungen kann, wenn Eisen zugegen ist, durch Zugabe eines gemessenen Überschusses an Ferrosulfatlösung und Zurücktitrieren des nicht verbrauchten Ferrosulfats durch eingestellte Permanganatlösung geschehen; liegt dagegen die reine, eisenfreie Chromatlösung vor, so kann die Titration auch jodometrisch, d. h. nach Ansäuern und Zusatz von Jodkalium durch Titrieren des ausgeschiedenen Jods mit eingestellter Thiosulfatlösung erfolgen.

Ferrochrom: Für die Ermittlung des Chromgehaltes in Ferrochrom sind die vorstehenden Verfahren wenig geeignet; am besten hat sich hierfür der Aufschluß des feingepulverten Metalls durch Schmelzen mit Natriumsuperoxyd im Silber-, Nickel- oder Eisentiegel bewährt[42]). Die Schmelze

wird mit Wasser ausgezogen, die Lösung filtriert und im Filtrat das Chromat wie vorstehend angegeben titriert.

11. Aluminium. Die Bestimmung des Aluminiumgehaltes in Eisen und Stahl beruht darauf, daß Eisen und Aluminium sich ebenso wie Eisen und Mangan in salzsaurer Lösung durch das Ätherverfahren nach Rothe trennen lassen.

Zur Ausführung der Bestimmung verfährt man zunächst nach Entfernung der Kieselsäure genau so wie für die gewichtsanalytische Manganbestimmung angegeben ist: Man entfernt das Eisen durch Ausäthern, Kupfer als Sulfid durch H_2S; das Filtrat vom Schwefelkupfer wird mit Schwefelsäure abgeraucht und das Aluminium aus der zuerst mit Ammoniak neutralisierten, dann mit Essigsäure schwach angesäuerten Lösung durch Aufkochen gefällt. Der Niederschlag wird abfiltriert, ausgewaschen, danach wieder mit Schwefelsäure vom Filter gelöst und jetzt unter Zusatz von etwas Ammoniumphosphat aus schwach essigsaurer Lösung unter Erwärmen gefällt. Das ausfallende Aluminiumphosphat wird abfiltriert, verascht und gewogen[43]).

Ist Chrom zugegen, so fällt dieses mit dem Aluminiumphosphat ebenfalls als Phosphat aus unter Graugrünfärbung des Niederschlags; nach dem Wägen schließt man alsdann den Niederschlag durch Schmelzen mit Natriumkarbonat auf, und bestimmt das Chromat im wässrigen Auszug der Schmelze durch Titrieren mit eingestellter Thiosulfatlösung. Die so ermittelte Chrommenge wird auf $CrPO_4$ umgerechnet und von der Gesamtmenge des Niederschlags in Abzug gebracht.

$$\text{Berechnung: Aluminium in \%} = \frac{\text{Auswage an } AlPO_4}{\text{Einwage}} \cdot 22{,}19.$$

12. Titan. Sein Vorkommen in Roheisen und Gußeisen ist nicht selten; sein Vorhandensein ist meist auf die Verwendung titanhaltiger Erze zurückzuführen.

Die Trennung von Eisen und Titan erfolgt in gleicher Weise wie die Trennung von Eisen und Aluminium. Bei der Abscheidung der Kieselsäure ist zu beachten, daß ein Teil der Titansäure bei der Kieselsäure zurückbleiben kann, der sich dann nach Abrauchen der Kieselsäure mit Flußsäure und Schwefelsäure im Rückstand vorfindet.

Das in der Lösung verbleibende Titan wird vom Eisen durch Ausäthern getrennt und die eisenfreie Lösung nach dem Eindampfen wieder mit verdünnter Salzsäure gelöst, wobei ein Teil der Titansäure ungelöst (weiße Trübung) zurückbleiben kann. Das Ganze wird mit Ammoniak neutralisiert, mit Essigsäure schwach angesäuert und unter Zusatz von Ammoniumazetat aufgekocht. Dabei fällt sämtliche Titansäure aus, die abfiltriert geglüht und gewogen wird. Da sie noch kleine Mengen von Verunreinigungen (Eisenoxyd, Chromoxyd, Phosphorsäure) enthalten kann, so müßten diese noch besonders ermittelt und in Abzug gebracht werden.

Statt dessen kann die Bestimmung der Titansäure und zwar sowohl der aus der Kieselsäure wie der aus der Ammoniumazetatfällung stammenden auf maßanalytischem oder auf kolorimetrischem Wege erfolgen.

Maßanalytisch nach Aufschließen mit Natriumkarbonat, Lösen der Schmelze nach etwa 1stündigem Stehenlassen mit kalter konzentrierter Salzsäure und darauffolgendes Erwärmen, durch Titrieren der durch Zink reduzierten Lösung mit salzsaurer Eisenchloridlösung und Rhodansalz als Indikator[44]). Das Verfahren ist besonders für größere Titanmengen anwendbar.

Kolorimetrisch durch Aufschließen der Titansäure mit Kaliumbisulfat, Lösen der Schmelze mit verdünnter Schwefelsäure ohne Erwärmen, Zusatz von H_2O_2, Überführen eines aliquoten Teils der Lösung in Eggertzröhren und Vergleichen der gelbrotgefärbten Lösung mit einer genau gleich behandelten Lösung, die mit einer abgewogenen Menge reiner Titansäure hergestellt ist[45]).

Diese Art der Bestimmung ist besonders bei kleineren Titanmengen vorzuziehen.

13. Wolfram. Wird stets in Form von WO_3 zur Wägung gebracht. Die Bestimmung des Wolframs in Stahl kann gleichzeitig mit der Siliziumbestimmung ausgeführt werden, wenn man nach Verfahren a der Siliziumbestimmung verfährt. Nach dem Abrauchen der Kieselsäure mit Flußsäure-Schwefelsäure bleibt Wolframsäure zurück. Sie ist meist durch Eisenoxyd, und, wenn chromhaltiges Material vorliegt, auch durch Chromoxyd verunreinigt, die beide für sich bestimmt und vom Gewicht der unreinen Wolframsäure abgezogen werden müssen. Man bestimmt beide durch Aufschließen der Wolframsäure mit Natriumkarbonat, wobei nach Ausziehen der Schmelze mit Wasser Eisenoxyd ungelöst zurückbleibt und Chrom als Chromat in Lösung geht. Das Eisenoxyd wird abfiltriert und zur Wägung gebracht, das Chromat titriert.

Zu beachten ist, daß ein Teil der Wolframsäure mitunter in das Filtrat übergeht und aus diesem durch nochmaliges Abscheiden durch Eindampfen der Lösung und Erhitzen im Luftbad zu gewinnen ist.

Unter Berücksichtigung dieser Fehlerquelle gibt das Verfahren gute Werte.

Ein von Ziegler[46]) eingeführtes Verfahren, das auf der Abscheidung der Wolframsäure aus der salpetersauren Lösung der Probe durch Abdampfen mit Schwefelsäure bis zum beginnenden Abrauchen, Verdünnen mit Wasser und Abfiltrieren beruht, ist ganz unzuverlässig, da die hierbei entstehende Wolframsäure oft größtenteils kolloidal oder komplex in Lösung bleibt und nicht filtriert werden kann.

Zur raschen Ausführung der Wolframbestimmung empfiehlt sich folgendes von Zinberg[47]) herrührendes Verfahren. Die Probe wird mit verdünnter Salzsäure unter Erwärmen in einem geräumigen Becherglas gelöst; sind keine gasentwickelnden Teilchen mehr vorhanden, so bringt man die Lösung zu schwachem Sieden und oxydiert mit wenig konzentrierter Salpetersäure. Die Oxydation des Ferrosalzes zu Ferrisalz setzt heftig ein und gleichzeitig wird das als schweres Metallpulver ausgeschiedene Wolfram zu Wolframsäure oxydiert. Diese wird nach Verdünnen und Absitzenlassen abfiltriert. Das Verfahren gibt, wenn man auch hier die Verunreinigungen der Wolframsäure und etwaige ins Filtrat übergegangene Wolframsäure ermittelt, zufriedenstellende Werte.

Berechnung:

$$\text{Wolfram in } \% = \frac{\text{Auswage an } WO_3}{\text{Einwage}} \cdot 79{,}31.$$

14. Molybdän wird gewichtsanalytisch als Molybdäntrioxyd, oder auch als Molybdänsulfid bestimmt. Weniger zuverlässig ist die maßanalytische Bestimmung, beruhend auf der Reduktion mit Zink in schwefelsaurer Lösung und Titrieren der das Molybdän annähernd als $Mo_{12}O_{19}$ enthaltenden Lösung mit Permanganat.

Zur gewichtsanalytischen Bestimmung[48]) löst man die Probe mit verdünnter Salpetersäure und scheidet Kieselsäure und etwaige Wolframsäure nach dem Verfahren a der Siliziumbestimmung gemeinsam ab. Das salzsaure Filtrat wird mit Schwefelwasserstoff gesättigt; nach Absetzen des Niederschlags wird filtriert und der Niederschlag im Porzellantiegel bei möglichst kleiner Flamme langsam zu MoO_3 verascht und gewogen.

Bei größeren Mengen Niederschlag kann man auch so verfahren, daß man diesen auf ein vorher bei 105° getrocknetes und gewogenes Filter abfiltriert und sorgfältig auswäscht, dann samt Filter bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz trocknet, schließlich einen aliquoten Teil des Niederschlags in einen Rosetiegel überführt, mit Schwefel mischt und im Wasserstoffstrom erhitzt, bis aller Schwefelüberschuß vertrieben ist. Man hat dann die Verbindung MoS_2 erreicht. Aus dem Verhältnis von aliquoter Menge (a) zur Gesamtmenge (g) des rohen Sulfids und der gefundenen Menge reines MoS_2 (m) läßt sich die der Gesamtmenge entsprechende Menge MoS_2 (x) und daraus der Molybdängehalt der Probe berechnen.

Die Gesamtmenge MoS_2 beträgt $x = \frac{g}{a} m$.

Berechnung: Bei Wägung als MoO_3

$$\text{Molybdän in } \% = \frac{\text{Auswage an } MoO_3}{\text{Einwage}} \cdot 66{,}67$$

bei Wägung als MoS_2

$$\text{Molybdän in } \% = \frac{\text{Auswage an } MoS_2}{\text{Einwage}} \cdot 59{,}95.$$

15. Vanadin. Vanadin kommt in legierten Stahlen gewöhnlich in geringen Mengen (wenige Zehntelprozente), in Roheisen nur in einigen Hundertelprozenten vor. Da der hohe Eisengehalt der zuverlässigen Bestimmung des Vanadingehaltes nachteilig ist, so ist es notwendig, zunächst das Eisen zu entfernen. Die Trennung des Vanadins vom Eisen erfolgt am besten durch Ausäthern nach Rothes Verfahren, in der bei der gewichtsanalytischen Bestimmung des Mangans angegebenen Weise[49]). Um auch die letzten Reste des Vanadins aus der ätherischen Eisenlösung herauszuholen, schüttelt man diese statt mit Äthersalzsäure allein mit Wasserstoffsuperoxyd enthaltender Äthersalzsäure nach. Die eisenfreie Lösung, die neben Vanadin noch andere Elemente wie Mangan, Nickel, Chrom, Kupfer und andere enthält, ist sodann weiter auf die Bestimmung des Vanadingehaltes vorzubereiten. Zur Ermittlung des Vanadingehaltes kommen hauptsächlich die maßanalytischen Verfahren in Betracht und zwar die Verfahren

a) nach Lindemann,
b) nach Campagne und
c) nach Holverscheit.

a) Lindemanns Verfahren[50]) beruht auf der Titration des in 5wertiger Form vorliegenden Vanadins durch eingestellte Ferrosulfatlösung. Der Endpunkt der Titration wird durch Tüpfeln mit Ferrizyankalium ermittelt; er ist erreicht, sobald Blaufärbung auftritt. Gegenwart von Chrom stört nicht, sofern dieses in 3wertiger Form zugegen ist.

b) Campagne[49]) benutzt die von ihm beobachtete Reduktion der Vanadinsäure durch wiederholtes Abdampfen mit konzentrierter Salzsäure zur 4-wertigen Stufe, um nach Verdrängen der Salzsäure durch Schwefelsäure das Vanadylsulfat bei etwa

60° C mit eingestellter Permanganatlösung zu titrieren.

c) Holverscheits Verfahren[51]) setzt 5-wertiges Vanadin und Abwesenheit von Chromat voraus. Für die Vanadinbestimmung kann man die Lösung verwenden, die man bei der gewichtsanalytischen Manganbestimmung nach Lösen der Schmelze mit Natronhydrat und Natriumsuperoxyd und Filtrieren erhält. Um das Chromat aus dieser Lösung zu entfernen, wird die Lösung mit Salpetersäure neutralisiert, mit Merkuronitratlösung gefällt, der entstandene Niederschlag vorsichtig verascht und im bedeckten Platin-, Nickel- oder Eisentiegel mit einer Mischung von Natriumkarbonat und Weinstein erhitzt, bis aller Weinstein verkohlt ist. Der wäßrige Auszug dieser Schmelze enthält alles Vanadin, während Chrom als Oxyd zurückbleibt. Die wäßrige klare Lösung wird eingeengt und nun nach Holverscheit im Bunsenschen Apparat mit Bromkalium und Salzsäure destilliert. Das durch Vanadinsäure freigemachte Brom wird in der vorgelegten Jodkaliumlösung aufgefangen und das in Freiheit gesetzte Jod mit Thiosulfatlösung titriert.

Auch kolorimetrisch kann das Vanadin bestimmt werden[52]). Man benutzt dazu die Reaktion der Vanadinsalze, die in saurer Lösung durch Wasserstoffsuperoxyd eine braunrot gefärbte Flüssigkeit liefern. Als Vergleichsprobe benutzt man eine Vanadinlösung von bekanntem Gehalt; bevor die Lösungen verglichen werden können, müssen sie erst eine Zeitlang (etwa 1 Stunde) stehen, da das Maximum der Färbung nicht sofort beim Zusatz des Wasserstoffsuperoxyds erreicht wird.

16. Sauerstoff. Sauerstoffverbindungen können in Eisensorten bei zu weitgehender Entkohlung durch Oxydieren vorkommen, also hauptsächlich in sehr weichem Flußeisen. Der Sauerstoff liegt in diesem Fall im wesentlichen als Eisenoxydul vor.

Zur Bestimmung dieses Sauerstoffgehaltes hat Ledebur[53]) ein Verfahren angegeben, das darin besteht, daß die zerkleinerte, sorgsamst gereinigte und getrocknete Probe in einem Strom von völlig sauerstofffreiem Wasserstoff geglüht und das dabei entstehende Wasser in einem gewogenen Phosphorpentoxydrohr aufgefangen wird. Aus der Gewichtszunahme des Absorptionsrohres läßt sich der Sauerstoffgehalt der Probe berechnen.

Das Verfahren läßt auch die Bestimmung des Rostsauerstoffs in einer Probe zu, jedoch nicht die Bestimmung des an andere Elemente wie Mn, Si, P gebundenen, als MnO, SiO_2, P_2O_5 vorhandenen Sauerstoffs, da diese Oxyde durch Wasserstoff nicht reduziert werden.

Berechnung:

$$\text{Sauerstoff in } \% = \frac{\text{Auswage an } H_2O}{\text{Einwage}} \cdot 88{,}81.$$

17. Stickstoff. Die Bestimmung des gebundenen Stickstoffs in Eisen und Stahl gehört zu den selten verlangten Arbeiten im Eisenhüttenlaboratorium, da einerseits noch nicht genügend Klarheit über den tatsächlichen Einfluß des Stickstoffgehaltes auf die Eigenschaften des Eisens besteht, andererseits die Verfahren zur Stickstoffbestimmung noch keine genügende Durcharbeitung erfahren haben.

Nach Herwig[54]) ermittelt man den Stickstoffgehalt durch Lösen des Eisens mit verdünnter Salzsäure, unter sorgfältigem Ausschluß aller Stickstoffverbindungen aus den verwendeten Apparaten und Flüssigkeiten. Die erhaltene Lösung wird unter Zusatz einer ausreichenden Menge ammoniakfreien Ätznatrons destilliert und das Destillat in einer Vorlage aufgefangen, die mit einer abgemessenen Menge $^1/_{100}$ Normalschwefelsäure beschickt ist. Nach der Destillation wird der Inhalt der Vorlage unter Zusatz von Methylorange als Indikator mit $^1/_{100}$ Normalkalilauge titriert und der Stickstoffgehalt aus der Differenz zwischen vorgelegter Schwefelsäure und verbrauchter Kalilauge (beide auf $^1/_{100}$ normal umgerechnet) ermittelt.

Nach anderen Vorschlägen kann auch die Menge des sich bildenden Ammoniaks kolorimetrisch nach Zugabe von Kaliumquecksilberjodid (Neßlers Reagens) zum Destillat und Vergleichen mit einer gefärbten Lösung von bekanntem NH_3-Gehalt nach Zusatz von Neßlers Reagens bestimmt werden.

Berechnung: 1 ccm $^1/_{100}$ Normalschwefelsäure entspricht 0,00014 g Stickstoff.

$$\text{Stickstoff in } \% = \frac{\text{Verbrauch an } \frac{n}{100}\ H_2SO_4}{\text{Einwage}} \cdot 0{,}014\ \%.$$

18. Antimon. Antimon kommt gelegentlich in Eisen und Stahl vor, doch läßt sich über die Häufigkeit seines Vorkommens kein genaues Bild gewinnen, da nur höchst selten bei Stahl- und Eisenanalysen Angaben über den etwa vorhandenen Antimongehalt gemacht werden.

Zur Bestimmung des Antimons löst man eine hinreichende Menge der Probe mit verdünnter Schwefelsäure, leitet ohne das ungelöste abzufiltrieren Schwefelwasserstoff ein und filtriert den entstehenden Niederschlag nach dem Absitzen ab. Man hat nun die Hauptmenge Eisen entfernt und im Niederschlag neben Antimon noch

Kupfer, Arsen und andere Verunreinigungen. Zu ihrer Entfernung löst man den Niederschlag mit Kaliumchlorat und Salzsäure, verjagt den Chlorüberschuß durch Kochen, fällt dann wieder mit Schwefelwasserstoff bei Gegenwart starker Salzsäure, filtriert vom Arsensulfid ab und fällt aus der mit Wasser verdünnten Lösung Kupfer und Antimon aus. Beide Sulfide werden durch Natriumsulfidlösung getrennt; das Antimon wird aus dem kupferfreien Filtrat als Sulfid gefällt und dieses entweder als Sb_2S_3 zur Wägung gebracht, oder nach Lösen mit starker Salzsäure, Vertreiben des Schwefelwasserstoffs, Zusatz von Weinsäure, sowie von Natriumbikarbonat im Überschuß durch eingestellte Jodlösung maßanalytisch bestimmt.

19. Schlacke und andere nichtmetallische Einschlüsse. Zu den nicht metallischen Einschlüssen, die in Eisen und Stahl vorkommen und deren Vorhandensein am sichersten durch metallographische Untersuchung nachgewiesen wird, zählt man Sulfideinschlüsse, Einschlüsse von Schlacke und von Stoffen, die vom Desoxydieren des flüssigen Stahls herrühren.

Die gemeinsame Bestimmung aller dieser Einschlüsse ist wegen ihres verschiedenen Verhaltens beim Lösen des Probematerials nicht angängig; die chemische Untersuchung auf Einschlüsse beschränkt sich daher meist auf die Ermittlung des Gehalts an Schlacke und anderen oxydischen Einschlüssen.

Die Aufgabe, den Gehalt an diesen Stoffen zu ermitteln, ist noch nicht befriedigend gelöst; von den verschiedenen hierfür vorgeschlagenen Verfahren wird das von Eggertz[55]) angegebene bevorzugt, obwohl es als zuverlässiges quantitatives Verfahren nicht gelten kann.

Das Verfahren beruht auf der Entfernung des Eisens durch Lösen einer größeren Probe mit der 6fachen Menge Jod in Gegenwart von Wasser unter häufigem Umrühren des Gemisches bis zum Verschwinden der Eisenteilchen. Die Umsetzung wird schließlich durch Erwärmen vervollständigt. Der Rückstand, der neben Schlacke den gesamten Kohlenstoff der Probe enthält, wird abfiltriert, gut ausgewaschen und Filter mit Inhalt im Platintiegel mit Sauerstoff verbrannt. Der Rückstand wird als Schlacke berechnet.

Einschlüsse von Schlackenteilchen finden sich besonders in Schweißeisen, während Schlacke und andere nichtmetallische Einschlüsse in Flußeisen und Stahl nur selten und dann meist in geringfügigen Mengen vorkommen; zu ihrer Bestimmung ist, wie erwähnt, die Metallographie ein zuverlässigeres Hilfsmittel, als die chemische Analyse.

20. Eisen. Bei der Gesamtanalyse hochlegierter Stahlsorten ist die Bestimmung des Eisengehaltes von Wichtigkeit, wenn es sich darum handelt, zu prüfen, ob die Summe der gefundenen Bestandteile annähernd richtig ist.

Die Bestimmung des Eisens[56]) gründet sich auf der Trennung des Eisens von den übrigen Metallen nach Rothes Ätherverfahren und der Titration des ausgeätherten Eisenchlorids in salzsaurer Lösung mit Thiosulfatlösung nach Mohr.

Die ätherische Eisenchloridlösung, die beim Ausäthern nach Rothe (vgl. die gewichtsanalytische Manganbestimmung) erhalten wird, läßt man in einem hohen Becherglas verdunsten, schließlich dampft man die Lösung auf dem Dampfbad ein und wiederholt nach Zusatz von Salzsäure das Eindampfen. Ist alles Eisen in Eisenchlorid übergeführt, so titriert man das Eisen nach Umsetzung mit Jodkaliumlösung durch Thiosulfatlösung.

Enthält das Material Molybdän, so wird auch die ätherische Eisenlösung molybdänhaltig. Das Molybdän muß dann vor der Titration des Eisens durch Fällen mit Schwefelwasserstoff entfernt und das molybdänfreie Filtrat von neuem oxydiert werden, ehe das Eisen nach Mohr titriert werden kann.

Kleine Mengen Eisen finden sich gewöhnlich noch bei der Wolframsäure oder Kieselsäure und in der salzsauren Lösung vom Ausäthern; diese werden wie bei der Manganbestimmung angegeben entfernt und für sich jodometrisch bestimmt.

Literatur:

1. Heyn u. Bauer, Metallographie, Sammlung Göschen Nr. 432 u. 433.
2. Bauer u. Deiß, Probenahme u. Analyse von Eisen u. Stahl, Springer, Berlin 1912.
3. Sargent, J. Am. Chem. Soc. **24**, 1076 (1902).
4. Boussingault, Compt. rend. **66**, 873 (1868).
5. Löwe, Polytechn. Journ. **148**, 432 (1858).
6. Boussingault, Ann. chim. phys. [5] **5**, 148 (1875).
7. Särnström, Jernkont. Ann. [2] **39**, 385 (1884).
8. Corleis, Stahl u. Eisen **14**, 587 (1894).
9. Neumann, Stahl u. Eisen **18**, 130 (1908).
10. Mars, Stahl u. Eisen **19**, 1155 (1909). Ferner Bauer und Deiß, Probenahme, S. 114. Seibert, Chem. Ztg. **41**, 200 (1917).
11. Ztschr. angew. Chem. **30**, 191 (1917).
12. Eggertz, Z. anal. Chem. **2**, 433 (1863).
13. Mitt. aus d. Kgl. Materialprüfungsamt **25**, 51 (1907).
14. Volhard, Ann. **198**, 318 (1879). Wolff, Stahl u. Eisen **4**, 702 (1884).

15. Hampe, Chem. Ztg. **7**, 1106 (1883). Ukena, Stahl u. Eisen **11**, 381 (1891).
16. v. Knorre, Ztschr. angew. Chem. **14**, 1149 (1901).
17. Marshall, Chem. News **83**, 76 (1901). Procter Smith, Chem. News **90**, 237 (1904).
18. Schneider, Monatshefte f. Chem. **9**, 242 (1888).
19. Forchhammer, de mangano, Kopenhagen 1820. Crum, Ann. d. Chem. u. Pharm. **55**, 219 (1845).
20. Bauer u. Deiß, Probenahme S. 141.
21. Gmelin, Handb. der Chemie 4. Aufl. **2**, 11.
22. Sonnenschein, Journ. prakt. Chem. **53**, 342 (1851).
23. Finkener, Berichte **11**, 1641 (1878).
24. Stöckmann, Z. anal. Chem. **16**, 175 (1877).
25. Emerton, Z. anal. Chem. **31**, 71 (1892).
26. Hundeshagen, Z. anal. Chem. **28**, 141 (1889).
27. Bauer u. Deiß, Probenahme, S. 172.
28. Wedding, Stahl u. Eisen **7**, 118 (1887).
29. Ledebur, Leitfaden für Eisenhüttenlaboratorien, 8. Aufl., S. 47.
30. Kinder, Stahl u. Eisen **28**, 249 (1908).
31. Drown, Z. anal. Chem. **13**, 344 (1874).
32. Craig, Chem. News **46**, 199 (1882).
33. Reinhardt, Stahl u. Eisen **26**, 799 (1906).
34. Schulte, Stahl u. Eisen **16**, 865 (1896).
35. Krug, Stahl u. Eisen **25**, 887 (1905).
36. Bauer u. Deiß, Probenahme usw., S. 199.
37. Tschugaeff, Berichte **38**, 2520 (1905). Brunck, Z. angew. Chem. **20**, 1844 (1907).
38. Moore, Chem. News **72**, 92 (1895). Vgl. a. Großmann, Chem. Ztg. **32**, 1223 (1908).
39. Rosenheim u. Huldschinsky, Berichte **34**, 2050 (1901).
40. v. Knorre, Stahl u. Eisen **27**, 1251 (1907).
41. Philips, Stahl u. Eisen **27**, 1164 (1907).
42. Spüller u. Brenner, Chem. Ztg. **21**, 1 (1897).
43. Bauer u. Deiß, Probenahme usw. S. 219.
44. Dies., Probenahme usw. S. 224.
45. Krug, Praxis des Eisenhüttenchemikers, S. 37.
46. Ziegler, Dingl. polyt. Journ. **274**, 513.
47. Zinberg, Stahl u. Eisen **28**, 1819 (1908).
48. Döhler, Chem. Ztg. **24**, 537 (1900).
49. Campagne, Berichte **36**, 3164 (1903). Deiß u. Leysaht, Chem. Ztg. **35**, 869 (1911).
50. Lindemann, Z. anal. Chem. **18**, 99 (1879).
51. Holverscheit, Diss., Berlin 1890.
52. Vita u. Massenez, Chem. Untersuchungsmethoden für Eisenhütten, S. 88.
53. Ledebur, Polytechn. Journ. **245**, 293 (1882).
54. Herwig, Stahl u. Eisen **33**, 1721 (1913). Braune, Stahl u. Eisen **26**, 1357 (1906).
55. Eggertz, Polytechn. Journ. **188**, 199 (1868).
56. Bauer u. Deiß, Probenahme usw., S. 229.

Handbücher zum Gebrauch im Eisenhütten-Laboratorium.

Bauer u. Deiß, Probenahme u. Analyse von Eisen u. Stahl, Berlin, Springer 1912.
Blair, Chemical analysis of iron, Philadelphia und London, 7. Aufl., 1908.
Krug, Praxis des Eisenhüttenchemikers, Berlin, Springer 1912.
Ledebur, Leitfaden für Eisenhüttenlaboratorien, Braunschweig, Vieweg, 9. Aufl.
Mennicke, Quantitative Untersuchungsmethoden des Molybdäns, Vanadins und Wolframs, Berlin, Krayn 1913.
Rüdisüle, Untersuchungsmethoden des Eisens u. Stahls, Bern 1910.
Treadwell, Kurzes Lehrb. d. analytischen Chemie, Bd. 2, Quantitative Analyse, Leipzig u. Wien, 7. Aufl. 1917.
Vita u. Massenez, Chem. Untersuchungsmethoden für Eisenhütten mit Nebenbetrieben, Berlin, Springer 1913.

E. Deiß.

VII. Wirtschaftliches. Eisen bildet nächst der Kohle die wichtigste stoffliche Grundlage unseres modernen Wirtschaftslebens. Kein Wunder, daß dessen Aufschwung und die allgemeine industrielle Entwicklung mit den glänzenden Fortschritten der Eisenindustrie zusammenfällt und zum großen Teil erst von ihr beeinflußt und durch sie ermöglicht worden ist. Diese Wechselbeziehungen sind so innig, daß man sich mit Recht gewöhnt hat, die Konjunkturen auf den Eisenmärkten als Gradmesser für das Gedeihen und die Lage der gesamten Industrie zu werten. Aus diesem Grunde ist auch die Statistik der Eisenerzeugung in aller Welt weitaus am besten durchgebildet.

Im folgenden sind die Ziffern der Statistik bis zum Jahre 1913 wiedergegeben. Die abnormen Verhältnisse des Krieges mit seinen die Eisenerzeugung zumeist hemmenden, nur in den Vereinigten Staaten und Japan fördernden Einflüssen können hier außer Betracht bleiben. Die Entwicklungskurve der Eisenerzeugung der einzelnen Länder wird nach dem Kriege keineswegs da einsetzen, wo sie im Jahre 1913 aufgehört hat. Der Eisenverbrauch für Friedenszwecke ist allenthalben durch Zwangsmaßnahmen während des Krieges auf einem so niedrigen Stande gehalten worden, daß die ganze Welt einen Eisenhunger hat, der für die Eisenindustrie eine Hochkonjunktur zur Folge haben muß, der nur in der Rohstoffbeschaffung eine Grenze gezogen wird.

Der Aufschwung der Eisenindustrie fällt mit dem Heraufziehen unseres industriellen Zeitalters zusammen. Die neue Zeit ihrer Entwicklung setzt etwa mit

dem Jahre 1870 ein. Bis dahin war zwar auch seit Anfang des Jahrhunderts eine relativ nicht unerhebliche Zunahme der Eisenerzeugung der Welt zu verzeichnen, diese war aber, absolut genommen, noch weit von den Riesenziffern entfernt, an die wir heute gewöhnt sind.

Die *Roheisenerzeugung der Welt* betrug 1807 0,8, 1834 2,6, 1850 4,5 und 1860 7,3 Mill. Tonnen. Im Jahre 1870 hatte sie 12,2 Mill. t erreicht und ist von da an in jedem Jahrzehnt zunächst etwas knapp und dann immer reichlicher um 50% innerhalb zehn Jahren in die Höhe gegangen. In den letzten Jahren vor dem Kriege war das Zeitmaß dieser Entwicklung ein noch rascheres. Die Roheisenerzeugung der Welt von 1910 bis 1913 hat von 65,6 auf 79,3 Mill. t zugenommen, also um 21%. An dieser Zunahme waren die einzelnen Länder in sehr verschiedener Weise beteiligt. Während sie sich für das deutsche Zollgebiet auf mehr als 30% belief, betrug sie bei den beiden anderen Haupteisenländern erheblich weniger (Vereinigte Staaten 15 und Großbritannien 3,9%). In einigen anderen Ländern, die allerdings nicht so hohe absolute Erzeugungsziffern aufweisen, zeigen diese ein relativ noch schnelleres Wachstum als in Deutschland. Die Roheisenerzeugung Rußlands wuchs in den genannten Jahren (1910/13) um 50%, die Belgiens um 39% und die Frankreichs um 32,5%. Rußland kam dabei sein immer aufnahmefähiger gewordener Binnenmarkt und den beiden anderen Ländern die günstige Lage der Erzlagerstätten zustatten.

Tabelle I zeigt, wie sich die Roheisenerzeugung der einzelnen Länder in dem Zeitraum von 1870 bis 1913 entwickelte:

Tabelle I.

Roheisenerzeugung der Welt von 1870 bis 1915.

	1870	1880	1890	1900	1910	1913
	in Millionen Tonnen					
Ver. Staaten von Nordamerika	1,7	3,9	9,4	14,0	27,3	31,5
Deutsches Zollgebiet	1,4	2,7	4,7	9,5	14,8	19,3[1])
Großbritannien	6,1	7,8	8,0	9,1	10,2	10,6
Die drei Hauptländer	9,2	14,4	22,1	32,6	52,3	61,4
Frankreich	1,2	1,7	2,0	2,7	4,0	5,3
Rußland	0,4	0,4	0,9	2,9	3,6	4,5
Österreich-Ungarn	0,4	0,5	0,9	1,5	2,0	2,4
Belgien	0,5	0,6	0,8	1,0	1,8	2,5
Schweden	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
Spanien		0,1	0,2	0,3	0,4	0,4
Kanada						1,1
Italien	0,2	0,2	0,3	0,6	1,5	0,4
Andere Länder						0,6
Insgesamt	12,2	18,3	27,7	42,1	65,6	79,3

[1]) Davon entfallen auf Lothringen, Luxemburg und das Saargebiet 7,8 Mill. t.

In die Reihe der Länder, die Eisen in größeren Mengen erzeugen, ist während des Krieges auch Japan getreten, das trotz Mangels an eigenen Eisenerzen es verstanden hat, die Erzeugung seiner Eisen- und Stahlwerke auf 1,3 Mill. t zu bringen.

Die Zahlen der Tabelle I, die die Erzeugung in zehnjährigen Abständen darstellen, erwecken den irrtümlichen Eindruck, als ob die Entwicklung eine stetige, in gerader Linie aufwärtsschreitende gewesen sei. In Wirklichkeit sind häufig Senkungen oder Knickungen der Erzeugungskurven zu verzeichnen gewesen. Mit ziemlicher Regelmäßigkeit traten diese Senkungen um die Mitte jedes Jahrzehnts ein, und zwar waren sie, wenn auch in sehr verschiedenem Grade, bei allen Ländern zu beobachten. In Deutschland gingen diese Erschütterungen viel glimpflicher aus als in England und besonders in Amerika.

Tabelle II zeigt die Eisenerzförderung der wichtigsten Länder für die Jahre 1881 bis 1913.

Tabelle II.

Eisenerzförderung der wichtigsten Länder.

	1881	1895	1908	1911	1912	1913
	in Millionen Tonnen					
Ver. Staaten von Amerika	12,0	16,2	36,6	44,6	56,0	59,9
Deutsches Zollgebiet	7,5	12,3	24,3	29,9	33,7	35,9[1])
Großbritannien	17,4	12,8	15,2	15,8	14,0	16,3
Spanien	3,5	5,5	9,2	8,8	9,1	9,9
Frankreich	3,0	3,7	9,0	16,6	19,2	21,5
Rußland	1,0	2,9	6,4	7,0	8,0	?
Schweden	0,9	1,9	4,4	6,2	6,7	7,5
Österreich-Ungarn	1,3	2,4	4,7	4,7	4,9	5,0
Algier	—	?	0,9	1,1	1,2	1,4
Griechenland	0,5	0,5	0,6	0,6	?	?
Italien	0,2	0,2	0,5	0,4	0,6	0,6
Insgesamt	47,3	58,4	111,8	135,7	153,2[2])	158,0[3])

[1]) Davon entfallen auf Luxemburg 7,3 und auf Lothringen 21,1.
[2]) Ohne die Ziffer für Griechenland.
[3]) Ohne die Ziffern für Rußland und Griechenland.

Zur Ergänzung sind Ein- und Ausfuhr von Eisenerzen für die wichtigsten Länder in den Jahren 1913 und 1912 angeführt.

Tabelle III.

Außenhandel in Eisenerzen.

	Einfuhr		Ausfuhr	
	1913	1912	1913	1912
	in Mill. Tonnen			
Ver. Staaten	2,6	2,1	1,1	1,2
Großbritannien	7,4	6.6	—	—
Deutschland	14,0	12,1	2,6	2,3
Frankreich	1,4	1,5	9,7	8,3
Spanien	—	—	8,9	8,5
Schweden	—	—	6,4	5,5

Man sieht, in wie erheblichem Maße England und Deutschland hinsichtlich ihres Eisenerzbedarfes vom Ausland abhängig sind. Bei Deutschland ist dies in noch höherem Grade der Fall, als aus dem Vergleich der Gewichtszahlen seiner Eigenförderung mit denen seiner Einfuhr hervorgeht, weil nämlich die einheimischen Erze durchschnittlich geringeren Eisengehalt aufweisen als die eingeführten. Man beachte auch den überwiegenden Anteil Luxemburgs und Lothringens an der Förderung Deutschlands. Als Lieferanten kommen hauptsächlich Frankreich, Spanien und Schweden in Betracht. Aber auch in der Tabelle nicht aufgeführte Länder erlangten zunehmende Bedeutung für die Erzversorgung der Industrieländer, so Neufundland mit 1 Mill., Australien mit 0,1, Britisch Indien und Norwegen mit 0,6 Mill. t jährlicher Förderung.

Zur Beurteilung der Lebensdauer der Lagerstätten diene die Angabe der Eisenerzvorräte einiger wichtiger Länder. Sie wurden geschätzt in Millionen Tonnen: für Deutschland auf 2300 (davon Lothringen 1777), Frankreich 8200 (einschließlich 300 für Algier-Tunis), Brasilien 2000, Schweden 1200, Norwegen 300.

An dem Beispiel der deutschen Eisenindustrie kann zahlenmäßig dargestellt werden, wie die einzelnen Fabrikationsgruppen in einem hochentwickelten Industriestaat ineinandergreifen. Tabelle IV zeigt die Erzeugung der deutschen Eisen- und Stahlwerke im Jahre 1912.

Einige Zahlen mögen noch die Entwicklung der vorstehend aufgeführten Hauptgruppen im Verbrauch des Roheisens beleuchten.

1. Die Gußwarenerzeugung Deutschlands betrug in 1000 t: 1871 418, 1880 550, 1890 1054, 1899 1826, 1912 (s. Tabelle IV) 3429.
2. Die Schweißeisenerzeugung der Welt ist unter dem Einfluß der Fortschritte der Flußeisenerzeugung zurückgegangen. Besonders seit dem Siegeszug des Thomaseisens, dem Deutschlands Eisenindustrie bekanntlich seine Blüte verdankt, ist das Schweißeisen zurückgedrängt worden. Die Welterzeugung betrug in 1000 t: 1870 6749, 1873 7841, 1879 6936, 1882 9135, 1887 8068, 1889 8848, 1891 8097, 1892 7577, 1897 4709 (ohne Vereinigte Staaten, die von da ab die Schweißeisenerzeugung nicht mehr besonders aufführen; 1892 betrug die amerikanische Erzeugung noch 2 137 000 t). In Deutschland erreichte die Schweißeisenerzeugung 1889 ihren Höhepunkt mit 1 750 000 t, sie war schon 8 Jahre später (1897) auf 1 111 000 t zurückgegangen. Die Erzeugungsziffern für die Jahre 1908 bis 1912 waren dann

(in 1000 t): 1908 479, 1909 362, 1910 345, 1911 261 und 1912 244.

3. Die Tabelle V zeigt, wie sich im Gegensatz hierzu die Flußeisen- und Stahlerzeugung seit 1890 entwickelt hat, unter gleichzeitiger Scheidung der Herstellung nach dem basischen und sauren Verfahren.

Tabelle IV.

Erzeugung der deutschen Eisen- und Stahlwerke im Jahre 1912.

	Mangan 1000 t	Wert 1000 M.
Roheisenerzeugung	15 221	922 878
darunter:		
Gießereiroheisen	3 055	192 286
Gußwaren I. Schmelzung	102	9 526
Bessemerroheisen	370	25 160
Thomasroheisen	9 038	508 083
Stahleisen oder Spiegeleisen, einschl. Ferromangan, Ferrosilizium usw.	2 121	156 249
Puddelroheisen (ohne Spiegeleisen)	509	30 392
Bruch- und Waschеisen	26	1 182
Verwertbare Schlacken	1 398	1 484
Gußwarenerzeugung	3 429	698 948
hierzu verbraucht		
Roheisen	2 840	254 201
Schrott	861	
Schweißeisenerzeugung	244	24 807
hierzu verbraucht		
Roheisen	260	17 307
Schrott	18	
Zuschläge (Eisenerze usw.)	12	
Flußeisen- und -stahlerzeugung	16 094	1 402 756
hierzu verbraucht		
Roheisen	12 742	1 128 803
Schrott	5 229	
Eisenerze	224	
Zuschläge (Kalkstein usw.)	1 678	
Walzwerke, Gesamterzeugung	18 642	2 207 881

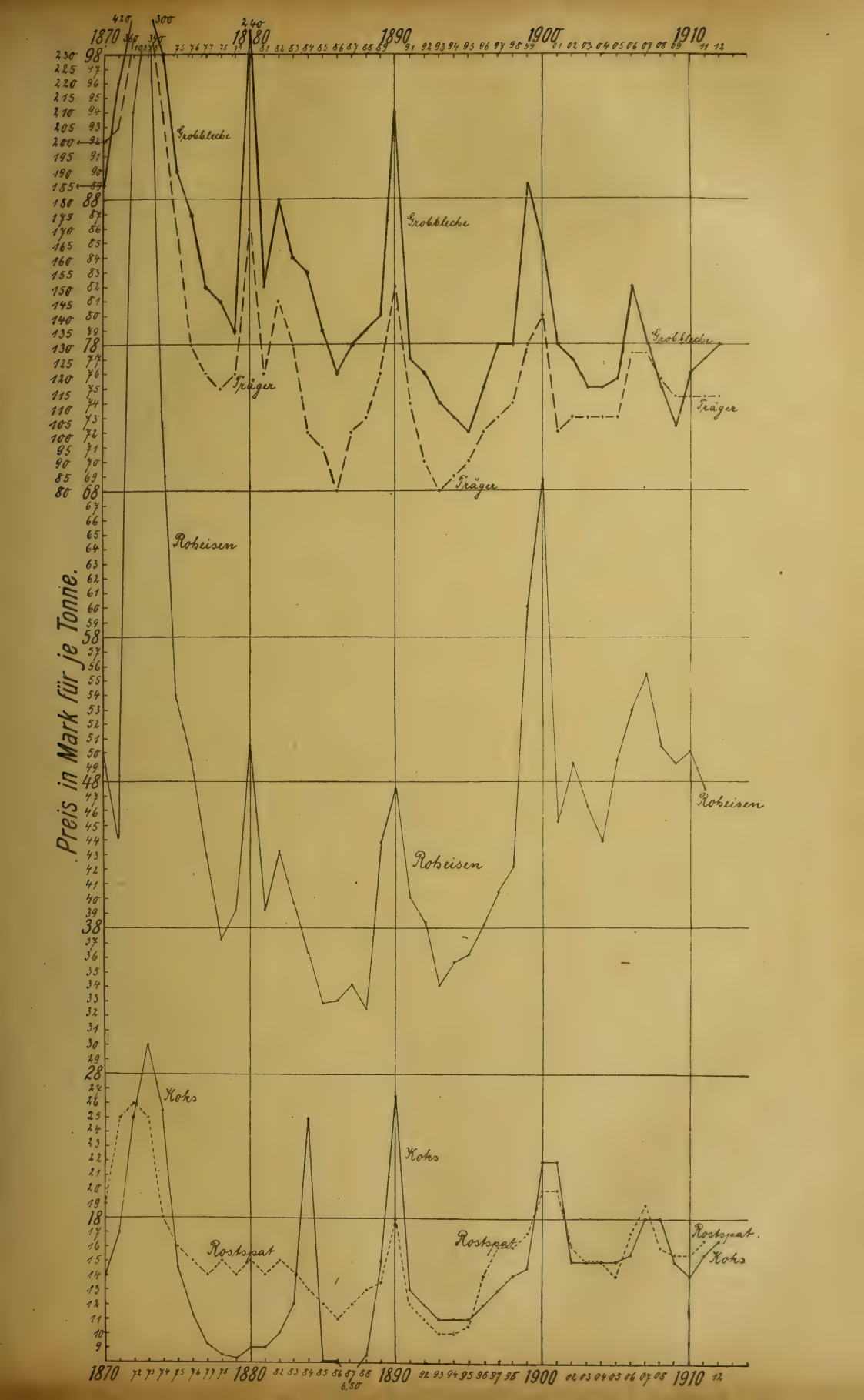
Tabelle V.

Flußeisen- und Stahlerzeugung der Vereinigten Staaten, Deutschlands (einschl. Luxemburgs) und Großbritanniens.

Jahr	Vereinigte Staaten			Deutschland			Großbritannien		
	basisches Verfahren	saures Verfahren	Insgesamt	basisches Verfahren	saures Verfahren	Insgesamt	basisches Verfahren	saures Verfahren	Insgesamt
	in Millionen Tonnen								
1890	—	4,3	4,3	2,1	0,1	2,2	0,5	3,1	3,6
1900	2,5	7,6	10,1	6,2	0,4	6,6	0,8	4,2	5,0
1907	10,4	13,2	23,6	11,4	0,7	12,1	1,9	4,7	6,6
1908	7,3	6,9	14,2	11,5	0,6	12,1	1,8	3,6	5,4
1909	13,6	10,6	24,2	11,5	0,5	12,0	2,0	4,0	6,0
1910	15,5	10,8	26,3	13,2	0,4	13,6	2,3	4,2	6,5
1911	14,9	9,0	23,0	14,3	0,6	14,9	2,5	4,1	6,6
1912	20,0	11,7	31,7	16,7	0,5	17,2	2,5	4,4	6,9
1913	20,7	11,1	31,8	18,3	0,6	18,9	2,9	4,9	7,8

Der Siegeszug des Thomaseisens drückt sich in diesen Zahlen deutlich aus.

Zur Orientierung über die Preisentwicklung seit 1870 auf dem Eisenmarkte diene die folgende graphische Darstellung. Es sind die Jahresdurchschnittspreise in Mark für 1 Tonne und zwar für die Ausgangsstoffe Koks und Eisenerz (Rostspat), für Roheisen und für Fertigerzeugnisse (Träger und Grobbleche) wiedergegeben. In Roheisen sind die Preise des englischen Marktes für Gießerei-Roheisen Middles-


Preis in Mark für je Tonne.
1870
1880
1890
1900
1910
Grobbleche
Träger
Roheisen
Koks
Rostspat

bro III zugrunde gelegt, weil dieser mit seinem ständigen Warrantslager, seinem alten Börsenhandel und seinen ziemlich gleichbleibenden Verkaufsgepflogenheiten bessere Vergleichswerte liefert als der deutsche, der durch das Kommen und Gehen der Syndikate beeinflußt ist und sich stets hinsichtlich der Preisbildung an den englischen Markt angelehnt hat. In allen anderen Beziehungen sind aber deutsche Marktpreise verwendet worden. Prägnant treten die Hochkonjunkturen der Jahre 1872, 1880, 1890, 1900 und 1906 und die dazwischenliegenden wirtschaftlichen Tiefstände bei allen drei Warengruppen in Erscheinung, und es ergibt sich dabei die Beobachtung, daß neben einer allgemeinen Preissenkung der Fertigerzeugnisse die Tendenz einer Milderung der allzu wilden Preisschwankungen vorhanden ist. In dieser Richtung haben vor allem die Preiskonventionen und Syndikate gewirkt, deren Einfluß besonders die Preisbewegung von Koks (Kohlensyndikat, gegründet 1893) und von Trägern betrifft (Deutscher Trägerverband, 1901 hervorgegangen aus einzelnen Teilverbänden, 1904 Einbeziehung der Trägerausfuhr in den Geschäftsbereich des Stahlwerksverbandes).

Der Krieg hat der Eisenindustrie aller Länder natürlich eine Hochkonjunktur gebracht, die ganz beispiellos ist. Trotz Höchstpreisen, die zu Beginn des Jahres 1916 auch in England eingeführt wurden, stieg der Preis für Roheisen Middlesbro Warrants von etwa 51 M. vor Kriegsausbruch auf 54 M. am Schluß des Jahres 1914, 78 M. am Schluß des Jahres 1915 und 95 M. im Mai 1916. Von diesem Zeitpunkt ab wurden die Notierungen eingestellt.

Literatur:

In Fachzeitschriften verstreut (Stahl und Eisen, Z. angew. Chem. usw.). Einzelwerke: L. Beck, „Geschichte des Eisens" (Vieweg, Braunschweig). — Emil Müssig, Augsburg, „Preisentwicklung in d. Montanindustrie seit 1870". — „Kohle und Eisen im Ruhrkohlenbecken, in Preußen, Deutschland und auf der Erde" (Verlag G. D. Baedecker, Essen-R.). — Gemeinschaftliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, herausgeg. v. Verein deutscher Eisenhüttenleute, 10. Aufl., Düsseldorf.

F. Scharf.

Eisenachergrün s. Farbstoffe I, 51.

Eisenazetate, 1. Ferroazetat, essigsaures Eisen, holzessigsaures Eisen, lat. ferrum aceticum; frz.: acétate de fer, pyrolignite de fer; engl.: acetate of iron (black iron liquor, pyrolignite of iron). Chem. Zus.: $Fe(C_2H_3O_2)_2 . 4H_2O$; das Salz geht sehr leicht in basisches Salz $Fe_2(C_2H_3O_2)_4 . (OH)_2$ über. Wird meist durch Auflösen von Eisendrehspänen mit roher Holzessigsäure als grünschwarze nach Teer riechende dicke Flüssigkeit erhalten.

Verwendung: Eisenazetat dient als Eisenbrühe, Schwarzbrühe, holzsaure Eisenbeize als Beize in ausgedehntem Maße in der Kattundruckerei; dann zum Beizen von Holz für Olivbraun: Das Holz wird mit einer Lösung von 1 T. Nitroso-2-Naphtol in 100 T. 1,35%iger Natronlauge getränkt, getrocknet, und mit einer Lösung von 20 g Eisenazetat in 1 L Wasser gebeizt (Seifensiederzeitung 1911, 58, 85 u. 121).

Preise: Rohes holzessigsaures Eisen % kg M. je nach Qualität . . . . . 10,00—20,00

Eisenazetat			
techn. flüssig (20° Bé)	%	kg M.	75,00
„ „ (15° Bé)	%	„ „	62,00
„ entwässert, wasserlöslich .	%	„ „	240,00
chem. rein, flüssig) (1,145) . . .	%	„ „	145,00
„ „ „ (1,138) . . .	%	„ „	105,00
„ „ „ (1,090 Ph. G. III)	%	„ „	53,00
„ „ entwässert . 1 kg M.	%	„ „	4,50
Holzsaure Eisenbeize (15° Bé).	%	„ „	12,00
„ „ (20° Bé).	%	„ „	13,00
„ „ (30° Bé).	%	„ „	17,50

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; Dr. Paul Lohmann, Hameln a. d. W.; E. Merck, Darmstadt. Holzessigsaures Eisen: Chemische Fabrik vorm. Gebr. Dollfus, Fürstenwalde a. d. Spree; Carl Dicke u. Co., Barmen; Gebr. Dollfus, Chemnitz; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Hartmann u. Hauers, GmbH., Hannover; Verein für chemische Industrie, Frankfurt a. M.

Literatur:

Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 5.

2. Ferriazetat, essigsaures Eisenoxyd.

Chemische Zusammensetzung: $Fe(C_2H_3O_2)_3$ entsteht durch Auflösen von Eisenoxydhydrat in Essigsäure. Es wird wie Ferroazetat (s. d.) in der Färberei als Beize und unter dem Namen Liquor ferri acetici als Arzneimittel gebraucht.

Preise: Essigsaures Eisenoxyd

doppelt gerein., entw.	1	kg M.	5,00
techn. entw., wasserlösl.	1	„ „	3,50
flüssig (1,145—18° Bé)	%	„ „	155,00
„ (1,138 = 17,5° Bé)	%	„ „	110,00
„ (1,090 = 12° Bé) D. A. III	%	„ „	60,00
techn. flüssig 1,160 = 20° Bé)	%	„ „	75,00
Liquor ferri acetici (1,145 = 18,5° Bé)	%	„ „	270,00
(1,138 = 17,5° Bé)	%	„ „	250,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze b. Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Ed. Schenk.

Eisenbahngrün s. Farbstoffe I, 21.
Eisenbraun s. Farbstoffe I, 68.
Eisenbeton s. Steine V, C.

Eisenbromid, Ferribromid; frz.: bromure de fer; engl.: bromide of iron. Chem. Zus.: Fe_2Br_6. Mol.-Gew. 591,8. Braunrote, sechsseitige Tafeln von schillerndem Glanze, löslich in Wasser, Alkohol und Äther. Sublimiert unzersetzt in musivgoldähnlichen Blättchen. Bei raschem Erhitzen zerfällt Eisenbromid teilweise in Eisenbromür ($FeBr_2$) und Brom. Beim Abdampfen der wäßrigen Lösung findet unter Abspaltung von Bromwasserstoffsäure Bildung von basischem Eisenbromid statt, das als sirupdicke Masse hinterbleibt. Die konz. wäßrige Lösung zersetzt sich unter Abspaltung von Brom und Bildung von Eisenbromür.

Verwendung: Dient als Ausgangsprodukt zur Darstellung von Brom und Bromverbindungen.

Preis: Eisenbromid . . 100 g = 1,80 M.

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Dr. L. C. Marquart, Beuel bei Bonn; Salzbergwerk Neu-Staßfurt bei Staßfurt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 7.

Ed. Schenk.

Eisenbromür s. Brom.

Eisenchlorid, Ferrichlorid; lat.: Ferrum sesquichloratum; frz.: Perchlorure de fer; engl.: Perchloride of iron. Chem. Zus.: $FeCl_3$. Mol. Gew.: 162,3. Fe: 34,45%, Cl: 65,55%. In wasserfreiem Zustande bildet Eisenchlorid metallglänzende, irisierende, hexagonale Tafeln von eisenfarbigem Aussehen oder schwarzbraune Krusten. Bei 100° beginnt es zu sublimieren. Sp. 280—285°. Es zieht an der Luft Feuchtigkeit an und zerfließt zu einer dunkelbraunen Flüssigkeit. Bildungswärme Fe_2,Cl_6 = 192,08 kcal, $2FeCl_2$, Cl_2 = 27,980 kcal. Eisenchlorid ist in Wasser, Alkohol und Äther unter Erwärmen löslich. Lösungswärme 63,360 kcal. Die ätherische Lösung von Eisenchlorid wird durch Sonnenlicht zu Eisenchlorür reduziert.

Wasserhaltiges Eisenchlorid bildet (mit $12H_2O$) eine körnige blaßorangegelbe Masse, oder gelbe kristallinisch erstarrte Blöcke oder Tafeln vom Schmp. 35,5°, die an der Luft zu einer dicken braunen klaren Flüssigkeit zerfließen. Die rotbraunen Kristalle enthalten 5 Mol. Kristallwasser. Bildungswärme $2FeCl_2.aq.$, Cl_2 = 55,540 kcal; $Fe(OH)_2$ + 6HCl, aq = 33,840 kcal.

Eisenchlorid ist in Wasser leicht löslich. 100 ccm Wasser lösen bei 15° C 87 g, bei 100° 535,7 g wasserfreies Salz.

Volumgewichte der Lösungen von Eisenchlorid in Wasser von 17,5° (Franz):

Vol.-Gew.	Proz. Fe_2Cl_6	Vol.-Gew.	Proz. Fe_2Cl_6
1,0146	2	1,2778	32
1,0292	4	1,2988	34
1,0439	6	1,3199	36
1,0587	8	1,4311	38
1,0734	10	1,3622	40
1,0894	12	1,3870	42
1,1054	14	1,4118	44
1,1215	16	1,4367	46
1,1378	18	1,4617	48
1,1542	20	1,4867	50
1,1746	22	1,5153	52
1,1950	24	1,5439	54
1,2155	26	1,5729	56
1,2365	28	1,6023	58
1,2568	30	1,6317	60

Die wäßrige Lösung ist braun, färbt die Haut gelb, ihr Geschmack ist herb adstringierend.

Wasserfreies Eisenchlorid setzt sich beim Erhitzen in einer Sauerstoffatmosphäre in Eisenoxyd und Chlor um. Von Wasserstoff wird es zunächst zu Eisenchlorür, dann zu met. Eisen reduziert. Wasserfreies Eisenchlorid ist ein vorzügliches Mittel zur Übertragung von Chlor und Brom.

Wasserhaltiges Eisenchlorid sowie die wässrige Lösung zersetzen sich beim Eindampfen in basisches Eisenchlorid und Salzsäure. Die wäßrige Lösung wird durch naszierenden Wasserstoff und durch Metalle wie Zink, Eisen usw. zu Ferrochlorid reduziert. Auch durch die Einwirkung von Licht und durch organische Substanzen wie Oxalsäure, Weinsäure und Zitronensäure findet Reduktion zu Eisenchlorür statt. Eisenchloridlösung löst erhebliche Mengen von Eisenoxydhydrat sowie von frisch gefällter Tonerde.

Verwendung: Eisenchlorid dient zur Herstellung von Farbstoffen z. B. für Sideringelb (Eisenchromat) durch Fällung einer genau neutralisierten Lösung von Eisenchlorid mit einer konz. Lösung von Kalium-

bichromat (für Aquarell- und Ölmalerei und mit Wasserglas als Anstrichfarbe), als Oxydationsmittel in der Farbenindustrie, zur Herstellung von Methylenblau durch Einwirkung von Eisenchlorid und Schwefelwasserstoff auf Amidodimethylanilin. Ferner zur Wasserreinigung (s. a. Desinfektionsmittel, 53), besonders in Verbindung mit Kalk oder Natriumbikarbonat als Flockenbildner, zum Reinigen von Trinkwasser nach dem Ferrochlorverfahren von M. Duyk (Bull. Soc. Belge de géol. 1909, 98). Hiernach wird Eisenchlorid (15—20 g pro 1 cbm) in Verbindung mit Chlorkalk über zerkleinertem Kies, über „Polarite", d. i. Eisenoxyd geleitet. Aus Chlorkalk und Eisenchlorid entsteht Chlormonoxyd, Cl_2O, das in Chlor und Sauerstoff zerfällt, dabei bilden sich Eisenoxyd und Kalziumchlorid, die fällend und klärend wirken, während Sauerstoff als Oxydans und Chlor keimtötend wirken (siehe auch K. Thumm und A. Schiele, Mitt. des Kgl. Materialprüfungsamtes 1907, 1), zur Chloration von Kupfer- und Silbererzen, zur Kupfergewinnung nach dem Dötsch-Prozeß durch Einwirkung von Eisenchlorid-Kochsalzlösung auf die geschwefelten Erze, als Beizmittel in der Textilindustrie, in der organischen Chemie als Chlorüberträger bei Chlorierungen mit ähnlicher Wirkung wie Aluminiumchlorid, als Kondensationsmittel z. B. von Alkyl- und Azylchloriden mit aromatischen Kohlenwasserstoffen und Phenolen (Ch. Ztrbl. 1903, II 203; 1913, I 2103), in der Medizin als eiweißgerinnendes Mittel zum Stillen kleiner Blutungen (Eisenchloridwatte), zum Ätzen von wildem Fleisch; ferner zum Entnikotisieren von Tabaksrauch durch mit 50%iger Eisenchloridlösung getränkte Watte (W. Schrauth, Techn. Rundschau 1908, 501, DRP 145727).

Preise: Eisenchlorid % kg M.
flüssig, roh, für Desinfektion (30° Bé) 12,00
„ techn. (40° Bé) 27,00
chem. rein (spez. Gew. 1,280) DAV. 22,00
„ „ (spez. Gew. 1,484) . . 33,00
techn. krist. (60% $FeCl_3$) 41,00
chem. rein, krist. DAV. 40,00
geschmolzen, braun 85,00
sublimiert . . . . . 1 kg M. 6,50

Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Bettenhausen, GmbH., Bettenhausen bei Kassel; Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt vorm. Rößler, Frankfurt a. M.; Th. Goldschmidt AG., Zweigniederlassung Mannheim-Rheinau; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Dr. Heinr. König u. Co., GmbH., Leipzig-Plagwitz; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; E. Merck, Darmstadt; J. D. Riedel AG., Berlin-Britz, Riedelstraße; Saccharinfabrik AG. vorm. Fahlberg, List u. Co., Magdeburg-Südost.

Literatur:

Dammer, Handbuch der anorg. Chemie 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 4.

Ed. Schenk.

Eisenchlorür, Ferrochlorid; lat. ferrum chloratum; frz.: protochlorure de fer; engl.: protochloride of iron. Chem. Zus.: $FeCl_2 \cdot 4H_2O$. Mol.-Gew. 198,86. Für $FeCl_2$: 126,80, Fe: 44,09%, Cl. 55,91%. Wasserfreies Eisenchlorür bildet weiße bis gelbliche Schuppen, die in Wasser und Alkohol zu einer farblosen Flüssigkeit löslich sind. An der Luft zerfließlich. Spez. Gewicht 2,528. Bildungswärme $Fe,Cl_2 = 82{,}05$ kcal, Lösungswärme 17,9 kcal. Beim Glühen an der Luft entstehen Eisenoxyd und Chlor.

Kristallisiertes Eisenchlorür bildet durchsichtige hellblaue monokline Kristalle, die an der Luft zerfließen und grasgrün werden. Über konz. Schwefelsäure verwittern die Kristalle zu einem weißen Pulver. Spez. Gew. 1,937. Beim Erhitzen schmelzen die Kristalle im Kristallwasser. Bildungswärme aus $Fe,Cl_2,4H_2O$: 97,2 kcal, aus $FeCl_2,4H_2O$: 15,15 kcal. In Wasser leicht löslich. Lösungswärme: 2,750 kcal. 100 T. Wasser lösen bei 20° 68,5 g Eisenchlorür. Löslich in Alkohol.

In wäßriger Lösung findet beim Einleiten von Stickoxyd Braunfärbung statt, wobei auf 1 Mol. $FeCl_2$ fast 1 Mol. NO absorbiert wird. Beim Kochen der Lösung entweicht unter Verschwinden der Färbung alles Stickoxyd. Eine alkoholische Lösung mit 17% $FeCl_2$ färbt sich unter Aufnahme etwa des 25fachen Volumens Stickoxyd fast schwarz.

Verwendung: Eisenchlorür aus Eisen und Salzsäure dient zur Herstellung von Eisenchlorid durch Oxydation mit Salpetersäure, Chlor oder Kalium, bzw. Natriumchlorat, zur Herstellung von geschmeidigem Elektrolyteisen durch Elektrolyse von sehr heißer mit Kalziumchlorid versetzter Eisenchlorürlösung bei hoher Stromdichte, zur Gewinnung von Kupfer nach dem Prozeß von Hunt und Douglas als Katalysator z. B. bei der Reduktion von Nitrobenzol zu Anilin. In der analytischen Chemie dient Eisenchlorür zur Bestimmung von Nitraten durch deren Reduktion zu Stickoxyd in saurer Lösung.

Preise: Eisenchlorür % kg M.
flüssig (frei von Schwefels.) 30° Bé 18,00
„ „ „ „ 38° Bé 24,00
techn. entwässert 42,00
chem. rein, krist. 140,00
„ „ entwässert 120,00
Bezugsquellen: Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen; Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabr. AG. vorm. Moritz Milch u. Co., Zweigniederlassung Oranienburg; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Dr. Heinr. König u. Co., GmbH., Leipzig-Plagwitz; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handbuch der anorg. Chemie 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 4.

Ed. Schenk.

Eisengallustinten s. Eisensulfate 2.
Eisengarn s. Textilien B, III, 2.
Eisenglanz s. Steine II, B, 22.
Eisenholz s. Holz VII, 44.
Eisenhydroxyd s. Eisenoxyd.
Eisenkies s. Steine I, 20; II, B, 20.
Eisenkitte s. Kitte 16.
Eisenmennige s. Farbstoffe I, 29; Eisenoxyd.
Eisenmonoxyd s. Eisenoxyd.

Eisennitrat, salpetersaures Eisen, Ferrinitrat, (salpetersaure Eisenbeize; frz.: gris de fer nitraté; engl.: iron nitrate mordant, red iron liquor); lat.: ferrum nitricum; frz.: nitrate de fer; engl. nitrate of iron. Chem. Zus.: $Fe(NO_3)_3.6H_2O$ oder $Fe(NO_3)_3.9H_2O$. Mol.-Gew. für $Fe(NO_3)_3.9H_2O$: 404,3. Meist farblose monokline Kristalle, die an der Luft zerfließen. Schmp. 47,2°. Spez. Gew. 1,6835. In Wasser und Alkohol löslich, in ersterem mit brauner Farbe.

Volumgewichte der Lösungen von Eisennitrat in Wasser von 17,5° C (Franz):

Proz. $Fe(NO_3)_3$	Vol.-Gew.
5	1,0398
10	1,0770
15	1,1182
20	1,1612
25	1,2110
30	1,2622
35	1,3164
40	1,3746
45	1,4338
50	1,4972
55	1,5722
60	1,6572
65	1,7532

In Salpetersäure wenig löslich. Beim Erhitzen des Salzes entweichen Wasser und Salpetersäure, ebenso beim Eindampfen der wäßrigen Lösung: Es hinterbleiben basische Ferrinitrate. Beim stärkeren Erhitzen des Salzes entweichen Salpetersäure, Stickstofftrioxyd und Wasser und es bleibt Eisenoxyd zurück. Auf Zusatz von Eisenoxydhydrat oder von Ammoniak fallen schwer lösliche basische Ferrinitrate aus. Die wäßrige Lösung von Ferrinitrat löst erhebliche Mengen frisch gefällter Tonerde auf; auf Zusatz von etwas Schwefelsäure fällt ein Niederschlag aus, der Eisen und Tonerde in wechselndem Verhältnis enthält.
Verwendung: Eisennitrat wird hauptsächlich als Beize in der Baumwollfärberei sowie zur Herstellung von Rostfarben verwendet. Man bereitet die Lösung durch Erwärmen von 25 T. Eisenvitriol mit einem Gemisch von 2 T. Schwefelsäure und 5 T. roher Salpetersäure; nach dem Erkalten versetzt man noch mit 16 T. Wasser.
Preise: Salpetersaure Eisenbeize % kg M.
(45° Bé) 10,00
(50° Bé) 11,00
fest 28,00
Ferrinitrat, Lösung, 33⅓% . . . 65,00
„ fest 235,00
Bezugsquellen: Chemische Werke Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); Carl Dicke u. Co., Barmen; Gebr. Dollfus, Chemnitz; E. de Haen, chemische Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; Dr. Paul Lohmann, Hameln a. d. W.; E. Merck, Darmstadt; Dr. Theodor Schuchardt, Görlitz.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 4.

Ed. Schenk.

Eisenorange s. Farbstoffe I, 68.

Eisenoxyde, 1. Eisenmonoxyd, 2. Eisenoxyduloxyd, 3. Eisensesquioxyd.

1. Eisenmonoxyd, Ferrooxyd. Chem. Zus.: FeO. Mol.-Gew. 72. Schwarzes, pyrophores Pulver, das an der Luft augenblicklich zu Eisenoxyd verbrennt. Schmp. 141,9°.

Eisenmonoxyd wurde als Elektrodenmaterial für Sammlerbatterien mit alkalischen Elektrolyten vorgeschlagen (C. Hubell, DRP 254596).

Ed. Schenk.

2. Eisenoxyduloxyd, Ferroferrioxyd, magnetisches Eisenoxyd. Chem. Zus.: Fe_3O_4. Mol.-Gew. 232. Schwarzes mag-

netisches Pulver vom spez. Gew. 5,18. Wird durch Wasserstoff über 400° zu met. Eisen reduziert, ebenso durch Kohlenoxyd, Ammoniak, Kohlenstoff und Alkalimetalle. Mit Salzsäure wird Eisenoxydul herausgelöst und es hinterbleibt Eisenoxyd. Die Lösung von Eisenoxyduloxyd in Säuren verhält sich wie ein Gemenge von Ferro- und Ferrisalz. In heißer Salpetersäure unlöslich.

Verwendung: Eisenoxyduloxyd dient zur Herstellung von Magnetitbogenlampen an Stelle von Bogenlampen mit gepreßten Kohlenstäben (W. Eminger, Dingl. Journ. 1907, 11, 26) zur Herstellung von Elektroden, hauptsächlich für die Gewinnung von Hypochloriten, Chlorat und zur Elektrolyse von Kupfervitriol (Z. El. Chem. 20, 420).

Ed. Schenk.

3. Eisenoxyd, Ferrioxyd, Eisensesquioxyd. lat.: ferrum oxydatum; frz.: oxyde de fer; engl. oxide of iron. Chem. Zus.: Fe_2O_3. Mol.-Gew. 160. Fe: 69,96%, O: 30,04%. Stahlgraue Stücke oder rotes Pulver vom spez. Gew. 5,2—5,3. Spez. Wärme 0,1692, für caput mortuum: 0,1726.

Eisenoxyd ist stark hygroskopisch. In Säuren umso löslicher, je höher es erhitzt wurde. Schmp. 1565°.

Verwendung: Eisenoxyd ist in fast allen Erdfarben enthalten; als Englischrot dient es hauptsächlich zum Anstreichen von Holzteilen und in der Tapetenindustrie, als Polierrot zum Polieren. Beim Erhitzen von Caput mortuum (s. Eisenvitriol) mit 6—7% Kochsalz auf Rotglut erhält man rote bis tiefviolette Nuancen. Die Farbe ist um so dunkler, je höher Temperatur und Kochsalzzusatz sind und je länger der Glühprozeß dauert. Eisenoxyd dient als Eisenrot als Füll- und Beschwerungsmittel für Kautschuk. Als Kiesabbrand dient Eisenoxyd als Kontaktsubstanz zur Herstellung von Schwefeltrioxyd aus Röstgasen (DRP 154084), kupfer- und zinkfrei zur Verarbeitung auf metallisches Eisen im Hochofenprozeß. Eisenoxyd wird ferner verwendet zur Herstellung von Elektroden, zur Fabrikation widerstandsfähiger Gefäße für chemische Prozesse aus reinem geschmolzenem Eisenoxyd (W. Günther, DRP 237736), zur Herstellung eines verbesserten Edisonakkumulators, bei welchem die negative Elektrode aus 24 flachen Abteilungen mit Eisenoxyd besteht und für Elektroden besonders für die Elektrolyse von Chloralkalien. In der Glasindustrie dient Eisenoxyd neben Kupferoxyd als Zusatz zum Manganglase zur Herstellung grauer Gläser. Eisenoxydzusatz erzeugt in Gläsern gelbe, rote, braune bis violette Töne. In der Papierindustrie dienen Eisenoxyd und Eisenhydroxyd zu gelben und rotbraunen Färbungen.

Als Eisenhydroxyd zur Herstellung des Jungnerschen Akkumulators, bei dem die wirksame Masse, Eisenhydroxyd- und Nickelhydroxydverbindungen, unter starkem Druck zwischen nickelplattierten Stahlblechen eingepreßt sind.

Deutscher Außenhandel an natürlichem und künstlichem Eisenoxyd (auch gelbem Ocker):

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1912	13 693	1232	7828	1449
1913	14 909	1342	9977	1735

Preise: Eisenoxyd % kg M.

schwarz, gefällt, techn.	120,00
„ chem. rein	250,00
„ kalz., Pulver	75,00
rot, kalz. techn.	84,00
gelb	85,00
Caput mortuum	20,00
Englischrot	40,00—120,00
Gewöhnl. Eisenmennige	20,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N. 39; Chem. Fabriken vorm. Weiler-ter-Mer, Uerdingen a. Niederrhein; Chemische Werke Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); Deutsche Solvay-Werke AG., Bernburg; Dr. Paul Lohmann, chem. Fabrik, Hameln a. d. Weser; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 4.

Ed. Schenk.

Eisenportlandzement s. Steine V, A, 5, h.
Eisenrot s. Eisenoxyd; Farbstoffe I, 31.
Eisenschwarz s. Farbstoffe I, 30.

Eisensulfate. 1. Ferrisulfat, 2. Eisenvitriol (Ferrosulfat).

1. Ferrisulfat, Eisenoxydsulfat, schwefelsaures Eisenoxyd; lat.: ferrum sulfuricum oxydatum. Chem. Zus.: $Fe_2(SO_4)_3 . 9H_2O$. Mol.-Gew. 562,4. Fe_2O_3: 28,2%, SO_3: 42,4%, H_2O: 29,4%. In wasserfreiem Zustande weißes bis gelbes amorphes Pulver, wasserhaltig dunkelbraune rhombische Oktaeder, die an feuchter Luft Wasser anziehen und zu einer braunen Flüssigkeit zerfließen. Spez. Gew. 3,097. In starker Schwefelsäure und Salzsäure fast unlöslich. Das wasserfreie Salz löst sich selbst in kochendem Wasser nur schwer. Dünne

Lösungen von Ferrisulfat sind gelb, konz. Lösungen braun gefärbt. Aus der kochenden verdünnten Lösung scheiden sich basische Ferrisulfate aus. Ferrisulfat zerfällt beim Erhitzen in Eisenoxyd und Schwefeltrioxyd.

Verwendung: Ferrisulfat dient zur Herstellung von Berlinerblau durch Fällung mit Kaliumferrozyanidlösung, von Turnbulls Blau durch Fällung mit Kaliumferrizyanidlösung, zur Herstellung von Eisenformiat für Beizzwecke durch Umsetzung einer konz. Lösung von Ferrisulfat mit der äquivalenten Menge von festem Natriumformiat, wobei das ausfallende Natriumsulfat bei der Verwendung nicht stört; in der Färberei dient Ferrisulfat als Beize zum Schwarzfärben von Wolle und Baumwolle; zur Gewinnung von Kupfer nach Siemens durch Lösen von Kupfersulfid in Ferrisulfat, wobei unter Ausscheidung von Schwefel Kupfer- und Eisenvitriol entstehen; zur Reinigung von Wasser, als Desinfektionsmittel, als Nährsalz (0,1 %iger Zusatz) bei der Oxydation des Alkohols zu Essigsäure durch Enzyme (DRP 179847), mit Magnesia als Gegengift bei Arsenvergiftungen.

Preise: Ferrisulfat % kg M.

roh, für Desinfektion	14,00
flüssig, techn. (40° Bé)	22,00
flüssig (s. G. 1,430)	30,00
techn. entwässert	75,00
gereinigt	100,00
chem. rein	220,00

Bezugsquellen: Schwefelsaure Eisenbeize (frz.: Gris de fer sulfaté; engl.: Iron sulphate mordant); Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; Dr. P. Lohmann, Hameln a. d. W.; Hermann Unger, Leipzig-Mockau. Ferrisulfat: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 4.

2. Eisenvitriol, Ferrosulfat, grüner Vitriol; lat. ferrum sulfuricum; frz.: sulfate de fer, sulfate fereux, vitriol vert oder couperose verte; engl.: sulphate of iron, green vitriol. Chem. Zus.: $FeSO_4.7H_2O$. Mol.-Gew. 277,42. Fe: 0,14%, SO_3: 28,76%, H_2O: 45,32%. Durchsichtige bläulichgrüne rhombische oder monokline Kristalle vom spez. Gew. 1,904. Die Kristalle schmelzen im Kristallwasser und scheiden unter Luftabschluß weißes wasserfreies Ferrosulfat aus. Sie verwittern an der Luft oberflächlich, wobei sich eine Kruste von basischem Ferrisulfat bildet. Bildungswärme $Fe(OH)_2, H_2SO_4, aq = 24{,}92$ kcal.

Löslich in Wasser. 1 T. Eisenvitriol braucht bei

Temperatur	T. Wasser
10°	1,64
15°	1,43
24°	0,87
39°	0,66
46°	0,44
60°	0,38
84°	0,37
90°	0,27
100°	0,30

Volumgewichte der Lösungen von Ferrosulfat (Eisenvitriol) in Wasser von 15° C (Schiff):

Vol.-Gew.	Proz. $FeSO_4$	Proz. $FeSO_4.7H_2O$
1,0267	2,811	5
1,0537	5,784	10
1,0823	8,934	15
1,1124	12,277	20
1,1430	15,834	25
1,1738	19,622	30
1,2063	23,672	35
1,2391	27,995	40

Lösungswärme von $FeSO_4.7H_2O$: 4,51 kcal. 1 g Eisenvitriol löst sich bei 15° C in 236 ccm Alkohol von D = 0,941.

Die wässrige Lösung reagiert neutral. Durch Sauerstoffaufnahme findet Oxydation zu basischem Ferrisulfat statt, wodurch die Lösung dann sauer reagiert. Kaliumpermanganat oxydiert Ferrosulfat bei Gegenwart von freien Mineralsäuren schon in der Kälte, Kalisalpeter, Kaliumchlorat und andere Oxydationsmittel oxydieren es beim Kochen der Lösung zu Ferrisulfat. Die wässrige Lösung von Ferrosulfat absorbiert unter Braunfärbung Stickoxydgas. Dieses entweicht wieder beim Kochen der Lösung.

Erhitzt man Eisenvitriol unter Luftabschluß, so entsteht weißes Ferrosulfat vom spez. Gew. 2,841. An der Luft erhitzt, entsteht der kalzinierte Eisenvitriol, der hauptsächlich basisches Ferrisulfat ist. Beim Glühen entstehen Eisenoxyd (Caput mortuum, Kolkothar), Schwefeldioxyd, Schwefeltrioxyd und Sauerstoff.

Eisenvitriol bildet mit anderen Sulfaten wie Kalium-, Natrium-, Ammonium-, Magnesium- oder Zinksulfat kristallisierte Doppelsalze. Mit Kupfervitriol in wechselndem Verhältnis zusammenkristallisiert kommt Eisenvitriol als admonter, salzburger, bayreuther oder bouxmiller Vitriol in den Handel.

Verwendung: Eisenvitriol dient zur Herstellung von Farbstoffen, z. B. von Ber-

linerblau durch Fällung von Vitriollösung mit Kaliumferrozyanid, wodurch man einen weißen Niederschlag erhält, der nach dem Auswaschen mit Salpetersäure, Kaliumchlorat oder Ferrisulfat zu Berlinerblau oxydiert wird. In der Färberei dient Eisenvitriol zum Blaufärben mit Blutlaugensalz, zum Schwarzfärben mit Gerbsäure, zur Herstellung von essigsaurem Eisen, das als Beize und zum Schwarzfärben von Wolle dient, zur Herstellung einer Indigoküpe oder Blauküpe (Vitriolküpe). Eisenvitriol dient ferner zur Herstellung der „Tötung" für Rauchwaren: 25 g Eisenvitriol, 50 g gelöschter Kalk und 15 g Alaun in 1 L Wasser; zur Fabrikation von Eisengallustinten z. B. aus 23,4 g Tannin, 7,7 g Gallussäure, 30 g Eisenvitriol, 10 g Gummi arabicum, 10 g 25%iger Salzsäure, 1 g Karbolsäure und ev. etwas Teerfarbstoff zum Nuancieren, in 1 L Wasser (W. Hinrichsen, Techn. Rundschau 1911, 1), ferner zur Herstellung der Lamingschen Gasreinigungsmasse zum Entschwefeln von Leuchtgas, zum Entschwefeln von Petroleum, zur Herstellung von rauchender Schwefelsäure, von Caput mortuum, zum Fällen von Gold aus Goldlösungen, zum Reinigen besonders arsenhaltiger Abwässer, besonders in Verbindung mit Kalk zum Reinigen von Rohwasser als Flockenbildner, wobei die Kalkmenge dem Eisen entsprechen muß, weil bei Anwendung von überschüssigem Vitriol das Wasser eisenhaltig wird. Eisenvitriol dient ferner als Konservierungsmittel für Holz, zum Desinfizieren von Aborten, zur Herstellung offizineller Eisenpräparate. Wasserfrei zur Vertilgung des Ackersenfs (A. Gioux und A. Dupuis, Ch. Zentrbl. 1911, II 1169), zur Herstellung von roten, orangen oder violetten Eisenoxydfarben (DRP 192485): Ferrosulfat wird mit der dem Schwefelsäuregehalte entsprechenden Menge Kalk oder gebr. Magnesia erhitzt. Bei 200° entsteht Eisenoxydul, das bei weiterem Erhitzen in Eisenoxyd übergeht. In der Gerberei dient Eisenvitriol in Verbindung mit Natriumbikarbonat und Kochsalz zum Gerben von Leder (DRP 39758). S. a. Desinfektionsmittel, 53.

Preise: Eisenvitriol

techn. krist.	% kg M.		6,00
„ Pulver	%	„ „	9,00
„ kalziniert. . . .	%	„ „	24,00
chem. rein krist. . . .	%	„ „	20,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Deutschlands Außenhandel an Eisenvitriol nach Menge und Wert:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	Wert in 1000 M.	t	Wert in 1000 M.
1907	1165	—	6212	—
1908	7234	289	4397	176
1909	5954	208	2246	78
1910	4336	130	2884	87
1911	3323	100	4151	176
1912	5925	207	3302[1])	208

[1]) einschließlich Zinkvitriol.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.
Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chem. 4.

Ed. Schenk.

Eisensulfid, Ferrosulfid, Einfach Schwefeleisen; lat.: ferrum sulfuratum. (S. a. Steine I, 20; II, B, 20.) Chem. Zus.: FeS. Mol.-Gew. 88,1. Fe: 63,56%, S: 36,44%, gewöhnlich durch Zusammenschmelzen von 3 T. Eisen mit 2 T. Schwefel hergestellt. Kristallinisch eine gelbliche, metallisch glänzende Masse vom Schmp. 1197° und dem spez. Gew. 4,7. Molekulare Bildungswärme: 18,8 kcal. Löslich in verdünnter Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung und ohne Abscheidung von Schwefel. An feuchter Luft oxydiert sich Schwefeleisen langsam zu Ferrosulfat. Käufliches Schwefeleisen bildet grauschwarze Platten.

Verwendung: Schwefeleisen dient zur Herstellung von Schwefelwasserstoff für analytische Zwecke ferner für Akkumulatorenbatterien (Edison DRP 180672).

Preise: Schwefeleisen

geschmolzen, in Stücken	% kg M.		15,00
„ in dünnen Platten .			17,00
granuliert.			34,00
Pulver			40,00
in Stengeln			55,00

Bezugsquellen: E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; C. A. F. Kahlbaum, GmbH., Berlin-Adlershof; Königswarter u. Ebell, Linden bei Hannover; Dr. Heinr. König, GmbH., Leipzig-Plagwitz; Dr. L. C. Marquart, Beuel bei Bonn; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Dammer, Handb. der anorg. Chemie 3.

Ed. Schenk.

Eisenvitriol s. Eisensulfate 2.
Eisfarben s. Farbstoffe III.
Eislebenergrün s. Farbstoffe I, 51.

Eiweiß, Proteine: franz.: albumines; engl.: proteids.

Die Eiweißkörper oder Proteine[1]), die im tierischen und pflanzlichen Organismus vorkommen, sind stickstoff- und schwefelhaltige organische Verbindungen. Ihre Zusammensetzung schwankt innerhalb enger Grenzen und bewegt sich zwischen folgenden Zahlen:

Kohlenstoff	50 —55 %
Wasserstoff	6,5— 7,3 %
Stickstoff	15,0—17,6 %
Sauerstoff	19,0—24,0 %
Schwefel	0,3— 2,4 %

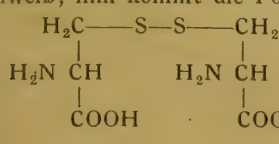
Bestimmte Gruppen enthalten auch Phosphor. Die Eiweißkörper sind sehr kompliziert gebaute Verbindungen. Ihre Konstitution ist jetzt in ihren Grundzügen erforscht. Durch Hydrolyse kann man die Eiweißstoffe zerlegen und erhält so die primären Spaltungsprodukte, die alle α-Aminosäuren sind und die die Bausteine des Eiweißmolekuls darstellen. Die folgenden primären Spaltungsprodukte sind uns heute als im Eiweiß präformiert bekannt[2]):

1. Aminoessigsäure, Glykokoll,
2. α-Aminopropionsäure, Alanin,
3. α-Aminoisovaleriansäure, Valin,
4. α-Aminoisocapronsäure, α-Aminoisobutylessigsäure, Leucin,
5. α-Aminoisocapronsäure, α-Amino-β-methyläthylpropionsäure, Isoleucin,
6. α-Aminobernsteinsäure, Asparaginsäure,
7. α-Aminoglutarsäure, Glutaminsäure,
8. α-Pyrrolidincarbonsäure, Prolin,
9. α-Oxypyrrolidincarbonsäure,
10. Phenyl-α-Aminopropionsäure, Phenylalanin,
11. p-Oxyphenyl-α-aminopropionsäure, Tyrosin,
12. Indol-α-aminopropionsäure, Tryptophan,
13. Imidazol-α-aminopropionsäure, Histidin,
14. α, δ-Diaminovaleriansäure, Ornithin,
15. α, ε-Diamino-n-capronsäure, Lysin,
16. α-Amino-β-oxypropionsäure, Serin,
17. α-Diamino-β-dithiodilaktylsäure, Cystin,

ferner:

18. Harnstoff (mit Ornithin zum Arginin vereinigt),
19. Ammoniak.

Das Cystin, $C_6H_{12}O_4N_2S_2$ ist das hauptsächlichste schwefelhaltige Produkt im Eiweiß; ihm kommt die Formel zu:



Es enthält also 2 Atome Schwefel. Beim Kochen mit Natronlauge spaltet es einen Teil seines Schwefels als Schwefelwasserstoff ab.

Alle übrigen Spaltungsprodukte entstehen nicht direkt aus dem Eiweiß, sondern erst sekundär aus den primären Produkten. Die Aminosäuren sind im Eiweißmolekul amidartig verkoppelt, wie z. B. im Glycylglycin, wo 2 Mol. Glykokoll oder Glycin folgendermaßen verbunden sind

$$NH_2CH_2COOH + NH_2CH_2COOH - H_2O = NH_2CH_2CONHCH_2COOH.$$

Das eine Molekul Glykokoll greift in gleicher Weise wie bei den Säureamiden in die Karboxylgruppe des anderen ein. Durch Aneinanderreihen von verschiedenen Aminosäureresten in der eben beschriebenen Weise gelangt man zu Körpern, die Emil Fischer Polypeptide genannt hat, und die große Ähnlichkeit mit den natürlichen Peptonen besitzen. Das höchste von ihm dargestellte Polypeptid bildet eine 18-gliedrige Kette, ein Oktadekapeptid, das aus 3 Mol. Leucin und 15 Mol. Glykokoll zusammengesetzt ist. Die natürlichen kolloiden Eiweißstoffe stellen nun Gemische von verschiedenen Polypeptiden dar, die noch viel komplizierter gebaut sind als selbst das Oktadekapeptid.

Über das Molekulargewicht der Eiweißstoffe besitzen wir keine sichere Kenntnis, es steht nur fest, daß es sehr hoch ist. Einen ungefähren Anhalt gewährt der Schwefelgehalt der Eiweißstoffe, der für einige Eiweißarten 1 % beträgt. Da im Eiweißmolekul nicht weniger als 1 Atom Schwefel vorkommen kann, würde sich ein Mol.-Gew. von 3200 errechnen, d. h. wenn wirklich nur 1 Atom Schwefel im Mol. enthalten ist. Hofmeister[3]) berechnet aber z. B. für das Serumalbumin eine Formel mit 6 Atomen Schwefel

$$C_{450}H_{720}N_{116}S_6O_{140}$$

was einem Molekulargewicht von 10166 entsprechen würde. Für Eieralbumin berechnet er ein solches von 5378. Aus dem Eisengehalt des Hämoglobins, das wegen seiner leichten Kristallisierbarkeit leicht in reinem Zustande erhältlich ist, läßt sich ebenfalls das Molekulargewicht berechnen. Es ist für Rinderblut zu 16669 festgestellt worden[4]). Für Hundehämoglobin hat Jaquet daraus die Formel

$$C_{758}H_{1203}N_{195}O_{218}FeS_3$$

berechnet

Viele andere Daten sprechen dafür, daß das Mol.-Gew. vieler Eiweißkörper um etwa 10000 liegen muß. Da theoretisch die Möglichkeit besteht, eine beliebige Anzahl Aminosäurereste aneinanderzureihen, die Reihenfolge derselben untereinander wieder beliebig geändert werden kann, wobei jede neue Gruppierung ein

neues Isomer darstellt, da man ferner infolge der Tatsache, daß manche Aminosäuren asymmetrische Kohlenstoffatome enthalten, wieder mit entsprechenden Stereoisomeren rechnen kann, so ist die denkbare Zahl der Isomeren fast unbegrenzt, und es ist wahrscheinlich, daß jedes Einzelindividuum sein eigenes Eiweiß besitzt.

Die Eiweißkörper zählen zu den Kolloiden, ihre Lösungen sind sämtlich optisch aktiv und zwar linksdrehend. Sie stellen weiße amorphe Massen dar, die keinen bestimmten Schmp. besitzen, sondern sich beim Erhitzen zersetzen. Einige Eiweißkörper sind kristallinisch erhalten worden, z. B. die Albumine, das Hämoglobin u. a. Viele Eiweißkörper sind aus ihren Lösungen aussalzbar, z. B. durch Kochsalz oder Magnesiumsulfat, was zu ihrer Trennung voneinander benutzt werden kann. Bemerkenswert ist vor allem ihre Aussalzbarkeit durch Ammonsulfat, wodurch sie fraktioniert gefällt werden können. Für jedes Eiweiß gibt es eine bestimmte Konzentration der Salzlösung, bei welcher es gefällt wird. Diese Fällungsgrenzen sind für das betr. Eiweiß charakteristisch. Wichtig ist die Denaturierung (Koagulation) der Eiweißkörper. Diese geschieht z. B. durch Kochen mit Wasser. Jedes Eiweiß koaguliert bei einer bestimmten Temperatur, hat seinen bestimmten Koagulationspunkt. Durch die Koagulation sind die Eiweißkörper in neutralen Lösungsmitteln unlöslich geworden, und sie können nur durch Behandeln mit verdünnten Säuren oder Alkalien wieder in Lösung gebracht werden: die Eiweißkörper sind denaturiert. Die Salze des denaturierten Eiweißes mit Säuren werden Acidalbumin, die mit Basen Alkalialbuminat genannt. Auch beim längeren Verweilen in ungelöstem Zustand werden die Eiweißkörper denaturiert. Ebenso werden die Eiweißkörper durch absoluten Alkohol, durch Azeton, durch Formaldehyd unter gewissen Bedingungen mehr oder minder rasch denaturiert. Alle denaturierten Eiweiße sind in Wasser und Salzen unlöslich, löslich dagegen in Alkalien und Säuren. Eine Denaturierung bewirken schließlich alle Fällungsmittel; auch die ausgesalzenen Eiweiße werden letzten Endes denaturiert.

Durch starke Mineralsäuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure) tritt Fällung ein. Sehr empfindlich ist vor allem die Reaktion mit Salpetersäure, die daher als klinische Eiweißprobe im Harn angewendet wird. Ebenso fällen die Salze der meisten Schwermetalle (Eisenchlorid, Kupfersulfat, Quecksilberchlorid, Bleiazetat). Die Aminosäuren und somit auch die Eiweißkörper sind amphotere Elektrolyte, durch die NH_2-Gruppe sind sie Basen, durch die COOH-Gruppe Säuren. Die Eiweißkörper verhalten sich also bei dem Fällen mit Schwermetallsalzen wie schwache Säuren, welche mit den Oxyden dieser Metalle salzartige Verbindungen geben.

Der Basencharakter zeigt sich in der Fällbarkeit durch schwache Säuren, wie Gerbsäure, Pikrinsäure (Pikrinsäure mit Zusatz von Essigsäure als klinische Eiweißprobe, Esbachsches Reagenz), Phosphorwolframsäure, von denen die letztere vollständig fällt und deshalb zur Abscheidung der Eiweißkörper dient.

Zur Erkennung der Eiweißstoffe gibt es eine ganze Reihe von Farbenreaktionen, von denen die wichtigsten sind:

1. die Biuret-Reaktion: Fügt man zu einer wäßrigen Eiweißlösung Alkalilauge und einige Tropfen einer verdünnten Kupfersulfatlösung, so erhält man eine blauviolette bis rote Färbung.

2. Die Xanthoprotein-Reaktion liefert eine Gelbfärbung beim Erwärmen der Eiweißkörper mit starker Salpetersäure.

3. Die Millonsche Reaktion: Man erhält durch Kochen von Eiweiß mit einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, die etwas salpetrige Säure enthält, einen rosa bis schwarzrot gefärbten Niederschlag.

4. Die Schwefelblei-Reaktion. Durch Kochen eines Eiweiß mit Alkalilauge und einem Bleisalz bildet sich durch Abspaltung von H_2S und Bildung von Schwefelblei eine Braun- bis Schwarzfärbung oder ein ebensolcher Niederschlag.

Je nach Löslichkeit und Vorkommen hat man die Eiweißkörper in ein Schema eingeteilt. Man unterscheidet drei Hauptgruppen: zunächst die in der Natur vorkommenden einfachen oder nativen Eiweißkörper, dann die eiweißartigen Körper, die durch Umwandlung und Spaltung aus ihnen hervorgehen, und schließlich die zusammengesetzten Eiweißkörper oder Proteide.

A. Einfache Eiweißkörper.

1. Albumine (Eieralbumin, Serumalbumin, Milchalbumin),
2. Globuline (Eierglobulin, Serumglobulin, Fibrinogen und Fibrin, Milchglobulin),
3. alkohollösliche Pflanzeneiweiße (Gliadin),
4. Histine,
5. Protamine,
6. Gerüsteiweiße (früher Albuminoide [Kollagen, Keratin, Elastin]).

B. Umwandlungsprodukte.

1. Acidalbumine und Alkalialbuminate,
2. Albumosen, Peptone und Peptide,
3. Halogeneiweiße.

C. Zusammengesetzte Eiweißkörper (Proteide).

1. Phosphoproteide (Kasein),
2. Nucleoproteide,
3. Hämoglobin und Verwandte,
4. Glykoproteide, Mucine, Mucoide.

1. Hühnereiweiß. Das schwach alkalisch reagierende Eiklar enthält 12% Proteinstoffe, 85—87% Wasser, der Rest sind Fette, Kohlehydrate und Salze. Die Proteinstoffe des Eiklars sind das Ovalbumin, das Ovoglobulin und das Ovomucoid, von denen das Albumin den Hauptbestandteil bildet. Die Albumine und Globuline sind die Eiweißkörper im engeren Sinne. Sie sind als Kolloide gelöst und können denaturiert werden. Die Albumine sind wasserlöslich, die Globuline sind im Wasser unlöslich, dagegen löslich in Säuren, Alkalien und Salzen. Die Albumine sind sämtlich kristallisiert erhalten worden. Sie werden von Ammonsulfatlösung viel schwerer gefällt als die Globuline, ihre Fällungsgrenzen liegen sehr hoch. Hierdurch kann man sie leicht von den Globulinen trennen. Die neutralen Lösungen der Albumine werden weder durch Kochsalz noch durch Magnesiumsulfat gefällt. Aus dem Eiklar kann man diese Eiweißstoffe durch Aussalzen unter verschiedenen Bedingungen fällen. Das Globulin fällt z. B. sehr leicht durch Versetzen des Eiklars mit gesättigter neutraler Ammonsulfatlösung. Durch wiederholtes Lösen in verdünnter Salzsäure und Ausfällen ist es leicht rein zu erhalten. Durch weitere Behandlung der vom Globulin befreiten Lösung mit verdünnter Schwefelsäure erhält man das Albumin als kristallinischen Niederschlag. Seine Koagulationstemperatur ist 56°, seine spez. Drehung $\alpha_D = -30{,}70$. Über seine Zusammensetzung liegen viele Analysen vor, deren eine hier wiedergegeben sei[5]):

C	H	N	S	O
52,46	7,19	15,29	1,34	23,72

In 100 g Eieralbumin sind gefunden worden

	g		g
Glykokoll	0	Phenylalanin	4,4
Alanin	2,1	Tyrosin	1,1
Leucin	6,1	Tryptophan	viel
Asparaginsäure	1,5	Zystin	0,29
Glutaminsäure	9,1	Ammoniak	1,5
Prolin	2,25		

In der Technik wird das Hühneralbumin aus den Hühnereiern gewonnen[6]). Zur Verarbeitung dürfen nur einwandfreie Eier kommen. Das vom Eigelb befreite Eiweiß oder Eiklar wird durch Absitzenlassen, Filtrieren oder Zentrifugieren von den Häuten getrennt. Man klärt nun die Lösung in großen Standzylindern durch Vermischen der Eiweißlösung mit verdünnter Essigsäure oder Tannin (die die trüben Eiweißstoffe niederschlagen) und Terpentinöl (das die Färbung des Eigelbs aufnimmt). Man läßt dann 1 bis 2 Tage stehen. Die blanke Eiweißschicht wird abgezogen und liefert die Primaware. Die niedergerissenen trüben Eiweißstoffe werden wieder mit Wasser aufgenommen und nochmals „geschönt" und liefern so eine Sekundaware. Das Klären erreicht man heute auch durch besondere Filtereinrichtungen. Die völlig klare Lösung wird (evtl. nach dem Abstumpfen der Essigsäure) in einem 30 bis 50° warmen Luftstrom oder schneller im Vakuum in dünner Schicht eingedampft. Man erhält so je nach der Reinheit des Produktes eine farblose bis schwachgelblich gefärbte durchsichtige, blättrige Masse, die in Wasser fast klar löslich ist. Aus etwa 250 Eiern, was einer Menge von etwa 3,2 L frischem Eiweiß entspricht, erhält man 1 kg Eiweiß.

Verwendung, Preise, Bezugsquellen und Statistisches siehe unter Bluteiweiß.

2. Bluteiweiß. Das Blut besteht aus dem Blutplasma und den Blutkörperchen. Im Blutplasma ist ein Eiweißstoff — das Fibrinogen — enthalten. Dieses wird, sobald das Blut die Adern verläßt, durch das Fibrinferment, das aus den zerfallenden Blutplättchen entsteht, in Fibrin, den bekannten Faserstoff des Blutes verwandelt und bedingt dadurch die Gerinnung des Blutes. Das geronnene Blut bildet eine Gallerte. Indem sich diese zusammenzieht, gibt sie das Blutserum ab, so daß also das Blutserum das vom Fibrin befreite Blutplasma darstellt, während der übrigbleibende Blutkuchen aus den roten Blutkörperchen und dem Fibrin besteht.

Das Fibrinogen hat die Eigenschaften eines Globulins. Im Blutplasma ist etwa ½% Fibrinogen enthalten. Das Fibrin kann man dadurch erhalten, daß man Blut während der Gerinnung mit einem Glasstab schlägt, so daß die Flüssigkeit nicht erstarrt. Das Fibrin scheidet sich hierbei als glasige elastische Masse am Glasstabe ab, während sich die Blutkörperchen in dem zurückbleibenden Serum absetzen. Das Fibrin ist ein äußerst voluminöser Körper, der die ganze Blutmasse zum Erstarren bringen kann. In den roten Blutkörperchen ist der Blutfarbstoff Hämoglobin enthalten, der sich aus dem Hämatin, einem nicht eiweißartigen Bestandteil

(ein eisenhaltiges Pyrrolderivat) und dem Globin als Proteid zusammensetzt.

Die im Blutserum enthaltenen Eiweißstoffe sind das Serumalbumin und das Serumglobulin. Das Albumin kann man aus Ammonsulfat und verdünnter Schwefelsäure kristallisiert erhalten. Das Globulin fällt beim Verdünnen mit Wasser aus.

Das Bluteiweiß wird aus dem Blutserum, dem defibrinierten Blutplasma gewonnen. Als Ausgangsmaterial dient vorzugsweise Rinderblut. Man läßt es gerinnen, wobei der Blutkuchen beim Zusammenziehen das Blutserum abgibt. Durch Zerschneiden des Kuchens oder durch Zentrifugieren wird die Abscheidung beschleunigt und vervollständigt. Man erhält schließlich ein klares Serum (Prima) und ein durch Blutkörperchen rötlich gefärbtes trübes Serum (Sekunda). Die weitere Reinigung des Serums geschieht ähnlich wie beim Hühnereiweiß. Durch Schönen mit Terpentinöl erhält man ein reines aber glanzloses Naturalbumin[6]). Glänzende Blätter von Patentalbumin erhält man durch Vermischen des Serums mit Schwefelsäure und Essigsäure, Abziehen der geklärten Lösung, Neutralisieren mit Ammoniak und Eindampfen. Der Blutkuchen wird mit Wasser behandelt, filtriert und eingedampft. Man erhält so ein dunkelgefärbtes Eiweißpräparat, das als Klärmittel und dgl. Verwendung findet.

Zur Entfärbung des Blutserums sind zahlreiche Methoden in Vorschlag gebracht worden. Sie bedienen sich neben einer sorgfältigen Filtration durch Knochenkohle vieler Oxydations- und Reduktionsmittel (z. B. Wasserstoffsuperoxyd, Natriumsuperoxyd, chlorsaures Kalium, Kaliumpermanganat, schweflige Säure, Hydrosulfit in organisch saurer Lösung). Eine genaue Übersicht über die Gewinnung und Entfärbung von Bluteiweißpräparaten findet sich in Lange, Chemisch-technische Vorschriften, Leipzig 1916. Es seien hier nur zwei Verfahren angeführt. Zur Herstellung entfärbten Eiweißes aus Blut wird das mit Wasser verdünnte Blut nach DRP. 114412 bei gewöhnlicher Temperatur mit Kaliumpermanganatlösung versetzt, worauf man verdünnte Schwefelsäure zugibt und das koagulierte Produkt mit schwefliger Säure behandelt. Das milchige Eiweiß sammelt sich als untere Schicht der farblosen Flüssigkeit. Man wäscht, preßt ab und trocknet.

Nach DRP. 105823 erhitzt man Blut mit Natrium- oder Wasserstoffsuperoxyd, filtriert dann das koagulierte gelbliche Eiweiß und wäscht es mit Wasser, preßt ab und behandelt mit Alkohol und Äther. Man erhält so ein gelbliches Pulver.

Verwendung von Eier- und Blutalbumin: Die Hauptverwendung findet das Albumin in der Zeugdruckerei, wo es als Verdickungsmittel für die Farb- und Beizflüssigkeiten, für die Reserven und Ätzpasten dient. Vorzugsweise verwendet man das Blutalbumin an Stelle des teueren Eieralbumins. Weiter wird es als Zusatz zu Buchdruckfarben, als Dickemittel für Künstlerfarben (in Verbindung mit Mohnöl) gebraucht. Auch eiweißhaltige Lacke und Anstrichfarben werden hergestellt. Es wird weiter als Appreturmittel gebraucht. Nach DRP. 272098 tränkt man Hutfilze um sie zu steifen und wasserdicht zu machen mit Eiweiß, trocknet und behandelt nach dem Gerinnen des Eiweiß das steife Produkt mit Formaldehyd nach. In der Färberei dienen Eiweißpräparate zum Befestigen von Farbstoffen auf der Faser. Das Eiweiß gerinnt beim Dämpfen und bewirkt so die Fixierung.

Sowohl das Eier- wie das Blutalbumin liefern gute Kitte und Klebemittel. Aus 40 T. Blutserum, 54 T. gelöschtem Kalk und 6 T. gepulvertem Alaun erhält man einen Klebstoff, der unter dem Namen „Chinakaltleim" im Handel ist und in konz. Form als Kitt verwendet werden kann (Techn. Rundschau 1909, 521). Eine Lösung von Blutalbumin in Wasser mit Kalkmilch eignet sich nach DRP. 198182 zum Leimen von Holz. Zum Präparieren von Papieren wird Albumin viel verwendet. Bei dem in der Photographie viel gebrauchten Albuminpapier bildet es die Grundmasse für die lichtempfindliche Schicht. Das Albumin dient als Klärmittel für trübe Flüssigkeiten, in denen es die trüben Bestandteile zu Boden reißt. Zur Herstellung neutraler Seifen eignet sich das Eiweiß ganz besonders. Die Eiweißstoffe binden das bei der hydrolytischen Spaltung der Seife freiwerdende Alkali. Blutsera setzt man der Seifenmasse zur Herstellung medizinischer Seifen zu.

Sowohl aus Blutalbumin wie auch aus Eieralbumin lassen sich in Verbindung mit den verschiedensten Substanzen, wie Metallhydroxyden, Stärke oder Zellulosehydrat, Phenol oder Formaldehyd plastische, z. T. dauernd elastische, auch durchsichtige, glasartige Massen, die oft wertvolle Eigenschaften besitzen, herstellen. Nach DRP. 99509 verrührt man z. B. 1 kg einer 10%igen wäßrigen Lösung von Eiereiweiß mit 100 g etwas verdünnter 40%iger Formaldehydlösung, gießt auf Glasplatten und läßt erstarren. Auch Kunstseide hat man aus Albumin hergestellt. Die erhaltenen Fäden zeigen aber, besonders in feuchtem Zustande, nicht genügend Festigkeit.

	1 kg	% kg M.
Preise: Eieralbumin techn.	M. 4,00	350
„ Pulver	„ 4,50	400
DAB. V	„ 5,25	490
Blutalbumin, schwarz		70— 80
„ hell		110—180
„ Pulver		130—210

Bezugsquellen: Eieralbumin: Joachim Jensen, Hamburg 36; Königswarter & Ebell, Linden-Hannover; Lehmann & Voß, Hamburg; Gustav H. Petersen GmbH., Berlin C 25; L. Prenzlau's Fabrikwerke, Hamburg 1; Martin Axelsen & Co., Hamburg; E. de Haen GmbH., Seelze b. Hannover; Lactowerk Horchheim, Worms; W. Eugen Seemann, Stuttgart; Ludwig Tockus, Hamburg 36. — Blutalbumin: Chem. Fabrik Horrem b. Cöln; E. de Haen GmbH., Seelze b. Hannover; Königswarter & Ebell, Linden-Hannover; Lehmann & Voß, Hamburg; Gustav H. Petersen GmbH., Berlin C 25; C. Prenzlau's Fabrikwerke, Hamburg 1.

Statistisches: Nach dem Statist. Jahrb. für das Deutsche Reich, 35. Jahrg. 1914 betrug die Einfuhr von Eiweiß, getrocknet, gepulvert, tierisches und pflanzliches im Jahre 1913

937 t im Werte von 3148000 M.,
davon aus China
639 t im Werte von 2172000 „.
Die Ausfuhr stellte sich auf
526 t im Werte von 1241000 „.
Die Eiereinfuhr betrug 1913
166751 t = 188185000 M.
davon aus
Österr.-Ung. 67196 t = 74469000 „
Rußland 72238 t = 80329000 „

Die Ausfuhr betrug 485 t im Werte von 588000 M.

3. Kasein. Die Milch enthält 3 Eiweißkörper, das Kasein, das Laktalbumin und das Laktoglobulin. Man kann die Gesamteiweiße der Milch daraus durch Tannin oder Kupferoxydhydrat fällen. $^6/_7$ des Eiweiß der Milch kommen auf das Kasein, $^1/_7$ auf das Albumin und Globulin. Das Kasein wird aus seinen Salzlösungen oder aus der Milch durch Mineralsäuren oder Essigsäure (auch Kohlensäure) gefällt. Um reines Kasein zu erhalten, löst man das mit Essigsäure gefällte Produkt in ganz verdünntem Ammoniak auf, filtriert die Lösung, fällt wieder mit Essigsäure, und entfernt durch Extraktion mit Äther und Alkohol die Fettanteile, worauf man im Vakuum trocknet.

Das Kasein gehört in die Gruppe der zusammengesetzten Eiweißkörper oder Proteide und zwar zur Unterabteilung der Phosphoproteide. Die Proteide sind Verbindungen von Eiweißkörpern mit einem Körper, der kein Eiweiß ist, einer „prosthetischen Gruppe". Die Phosphoproteide sind phosphorhaltige Eiweißkörper. Sie sind ausgesprochene Säuren und röten Lackmuspapier. In Wasser sind sie unlöslich, leicht löslich aber in Form ihrer Salze mit Alkalien und Ammoniak. Durch Säuren werden sie aus diesen Lösungen gefällt. Durch Kochsalz, Magnesiumsulfat und Ammoniumsulfat sind sie aus ihren Lösungen leicht aussalzbar. Die Lösungen ihrer Salze können ohne Veränderung gekocht werden, sie sind nicht koagulierbar. Als amphotere Elektrolyte, wie alle Eiweißkörper, bilden die Phosphoproteide auch mit Säuren Salze.

In der Milch ist das Kasein als Dikaseinkalzium in Verbindung mit phosphorsaurem Kalk enthalten. Die Kaseine verschiedener Tiere weichen in ihren Eigenschaften voneinander ab. Hammarsten[7]) fand im Kasein der Kuhmilch

C	H	N	S	P	O
52,96	7,05	15,65	0,758	0,847	22,78.

Wichtig ist, daß das Kaseinkalzium durch physikalische Eingriffe leicht gefällt wird, z. B. durch Eintragen von gebranntem Ton oder Tierkohle in seine Lösung. Wenn man Milch durch ein Tonfilter saugt, bleibt das Kasein zurück, während die anderen Eiweißstoffe in Lösung bleiben. Bei der Pepsinverdauung wird das Kasein aus der Milch mit dem phosphorsauren Kalk und dem Fett ausgefällt (Labgerinnung). Es bildet sich schließlich ein fester Kuchen, der Käse, während die übrigbleibende Flüssigkeit, die Molke, das Albumin, das Globulin, den Milchzucker und die löslichen Salze enthält. Bei der Labgerinnung bildet sich zunächst durch fermentative Umwandlung (Labferment) das sog. Parakasein, das wie das Kasein in Alkalien leicht löslich ist. Dieses Parakasein bildet dann mit Kalk unlöslichen Parakaseinkalk oder Käse, wodurch die Milch gerinnt. Für den Gerinnungsvorgang ist also die Anwesenheit von Kalk erforderlich.

In der Technik wird das Kasein aus der Kuhmilch, die 2—4% Kasein enthält, gewonnen. Die Milch wird zunächst durch Zentrifugieren gut entfettet. Zur Abscheidung des Kaseins aus der so gewonnenen Magermilch gibt es zahlreiche Verfahren und Patente, die darauf ausgehen, das Kasein auf möglichst billigem Wege und in möglichst reinem Zustande herzustellen. Im Prinzip unterscheidet man die Gewinnung von Säurekasein durch Selbstsäuerung oder durch Zusatz von Säuren und von Labkasein, durch Zugabe von Lab. Durch Ausfällen mit der billigen Schwefelsäure erhält man z. B. ein gelbes Kasein, das man zur Gewinnung eines reineren

Produktes in Natriumbikarbonatlösung auflöst und mit Essigsäure wieder ausfällt.

Der ausgeschiedene Quark wird abfiltriert, gewaschen, abgepreßt, zerkleinert und bei 40—50° bei starkem Luftzug getrocknet. Die Ausbeute aus der Magermilch beträgt etwa 3%.

Das so gewonnene Kasein enthält mehr oder weniger Fett, da die durch Zentrifugieren hergestellte Magermilch nur bis auf etwa 0,2% entfettet ist und das Fett bei dem Ausfällen des Kaseins mit niedergerissen wird. Um einen geringeren Fettgehalt zu erzielen, erwärmt man die Magermilch mit Alkali und zentrifugiert dann und fällt das Kasein mit Säuren aus[8]). Zur Herstellung sehr reiner Sorten extrahiert man das Kasein mit Alkohol und Äther, um Fett und färbende Bestandteile zu entfernen.

Eigenschaften: Das Kasein ist in reinem Zustande eine klare, durchsichtige, hornartige Masse vom spez. Gew. 1,259. Das Handelsprodukt hat eine milchige, gelblichweiße Farbe, die von einer Trübung durch Fett, das beim Ausfällen mitgerissen wird, herrührt. Gewöhnlich ist das Kasein gemahlen im Handel und stellt so je nach der Reinheit ein feines weißes oder gelbes Pulver dar. Auch gröbere Körnungen von Erbsen- bis Bohnengröße kommen vor. Reines Kasein ist geruchlos, geringere Sorten riechen ranzig. In Wasser und Alkohol ist Kasein unlöslich. Es quillt im Wasser aber stark auf. Bei längerem Liegen in kaltem Wasser wird es verändert und zum Teil wasserlöslich. Durch anhaltendes Kochen mit Wasser tritt Abspaltung von Phosphor und Schwefelwasserstoff ein. In ätzenden Alkalien (Kaseinnatron des Handels), Erdalkalien sowie kohlensauren Alkalien (auch in Borax) ist es leicht löslich und wird durch Säuren aus diesen Lösungen gefällt. Durch überschüssiges Alkali wird das Kasein unter Abspaltung von Schwefel zersetzt. Es scheidet sich allmählich ein Niederschlag ab. Aus der überstehenden klaren Lösung stellt man nach dem DRP. 115681 ein klarlösliches Kasein her. Bringt man Kasein auf feuchtes Lackmuspapier, so tritt Rotfärbung ein.

Prüfung: Zur Beurteilung des Kaseins eignet sich am besten eine grobkörnige Ware, da man Beimengungen und Verunreinigungen hier sofort sehen kann, während dies beim feingemahlenen Produkt nicht der Fall ist. Rotbraune Flecke im Kasein deuten auf verbrannte Stücke. Käsige Bestandteile erzeugen den unangenehmen Geruch des Produktes, reines Kasein soll geruchlos sein. Weiße Flecke (von nicht genügend herausgewaschenem Milchzucker) machen das Kasein weniger haltbar.

Anorganische Verunreinigungen: Der Aschegehalt schwankt zwischen 0,5% bei reinstem Kasein bis etwa 8% bei technischem Kasein. Labkasein hat meist einen höheren Aschegehalt, als Säurekasein. Kaseinnatron, erkennbar an seiner Löslichkeit in Wasser, hat einen entsprechend hohen Aschegehalt (Na_2CO_3). Der Wassergehalt beträgt etwa 10—12% und wird durch Trocknen bei 100° bis zur Gewichtskonstanz festgestellt. Der Fettgehalt schwankt zwischen 0,1% bei reinstem Kasein bis 0,4% bei technischen Produkten und wird durch Extraktion mit Äther bestimmt. Der Äther wird verdampft und 2 Stunden bei 90 bis 100° getrocknet. Säuregehalt: reinstes Kasein sollte gar keine freie Säure enthalten. Bei Handelsprodukten kann man bis zu 0,5% Säure finden. Man läßt zur Bestimmung derselben 10 g Kasein 2 Stunden mit 100 ccm Wasser quellen, filtriert dann und bestimmt in 50 ccm den Gehalt durch Titrieren mit n/10 Kalilauge unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator. Ein gutes Produkt verbraucht nicht mehr als 0,5 ccm n/10 Kalilauge.

Gemahlenes Kasein wird oft mit billigen Füllstoffen, z. B. Stärke vermischt. Bei sog. löslichem Kasein ist vielfach Soda als Lösungsmittel beigemengt, deren Anwesenheit leicht durch Veraschen festgestellt werden kann.

Verwendung: Als Kaseinfirnis im Handel vorkommende Produkte sind Auflösungen von Kasein in Ammoniak, Borax, Natriumbikarbonat oder in Wasserglas und Natronlauge mit Zusätzen von Seifenlösung oder Harz- und Wachsemulsionen oder Terpentinöl. Vor dem Gebrauch werden häufig 5—10% Leinölfirnis zugesetzt.

Die Kaseinfarben[9]) sind Anstrichfarben, deren Bindemittel Kasein ist; zur Erhöhung der Beständigkeit und Wetterfestigkeit gibt man etwas Kalk zu. Häufig macht man auch Zusätze von Leinölfirnis. Die Herstellung ist im Prinzip so, daß man z. B. 200 T. Kasein mit 40 T. Kalkhydrat, das man durch Ablöschen von Kalk mit der eben hinreichenden Menge Wasser frisch bereitet hat, gehörig mischt, dann die Mineralfarbstoffe zusetzt und in der Farbmühle fein mahlt. Die Kaseinfarben liefern haltbare, matte Anstriche, die nicht teuer sind. Sie geben infolge ihrer porösen Oberfläche einen luftdurchlässigen Maueranstrich.

Distemperfarben[10]) sind streichfertige Kaseinfarben. Einen Kaseinleim, der ebenso wie eine Leimfarbe anwendbar ist, erhält man durch Vermischen von 1 kg

Kasein mit 2 kg kaltem Wasser. Man verrührt nach 12 Stunden mit einer Lösung von 100 g Schmierseife, 100 g Borax und 50 g Salmiakgeist in 2 L warmem Wasser.

Eine firnisartige Kaseinfarbe[11]), die völlig wetterbeständig sein soll, erhält man, wenn man 25 T. gelöschten Kalk mit 100 T. Kasein, 25 T. einer 1—10%-igen Seifenlösung und 25—40 T. Terpentinöl zu einer homogenen Masse verknetet, der man zur Erzielung einer haltbaren Emulsion bis zur gewünschten Konsistenz Wasser oder besser sehr verdünnte Ammoniaklösung zugibt. Die Masse wird wie gewöhnlicher Firnis verwendet.

Einen klaren Harzkaseinlack[12]), der sich nicht trübt, erhält man aus einer alkoholischen Harz- und einer ammoniakalischen Kaseinlösung.

Für Anstriche, welche Witterungseinflüssen sehr ausgesetzt sind, wendet man auch Petroleum als Bindemittel für die Farbstoffe und das Kasein an (Petroleumkaseintechnik).

Das Kasein wird auch bei der Temperamalerei als Farbenbindemittel verwendet (Kaseintempera)[13]).

Zahlreich sind die Vorschriften und Patente, nach denen aus dem Kasein auf die mannigfaltigste Art unverbrennbare, zelluloidähnliche Ersatzmassen hergestellt werden können[14]). Von überragender Bedeutung ist hier nur das Galalith oder Kunsthorn[15]), zu dessen Herstellung sehr beträchtliche Mengen Kasein verbraucht werden.

Aus Kasein erhält man mit organischen Zusätzen der verschiedensten Zusammensetzung formbare Massen der mannigfaltigsten Art[17]). Auch künstliche Blätter, Fäden, künstliche Haare und Kunstseide lassen sich aus Kasein herstellen. Künstliche Seide und künstliche Haare[18]) erhält man durch Lösen von Kasein und Chlorzink in Wasser. Als Fällbad dient Wasser oder verdünnte Säure. Nachträglich wird mit Formaldehyd gehärtet. Die künstliche Seide aus Kasein (oder Albumin) hat keine Bedeutung erlangt, da die erhaltenen Fäden, besonders in feuchtem Zustande nicht die genügende Festigkeit besitzen.

Auch zum Leimen des Papiers werden beträchtliche Mengen Kasein verbraucht. Man verwendet z. B. eine Lösung von Kasein in Ammoniak oder setzt Kasein der Harzleimmasse zu, auch Kasein mit Wasserglas wird verwendet. Durch eine Härtung mit Formaldehyd erhält man hochglänzende, wasserbeständige Überzüge. Zur Herstellung satinierter Papiere und Pappen, in der Tapeten- und Buntpapierfabrikation, sowie für photographische Papiere findet das Kasein ausgedehnte Verwendung. Die Herstellung eines Kaseinauskopierpapieres behandelt Macaire in der Chem. Ind. 1908, Nr. 1.

Für kosmetische Zwecke stellt man Kaseinseifen[19]) mit 50% Eiweißgehalt her. Man erhält so neutrale Seifen, die sehr gut schäumen und haltbar sind. Es werden auch Hautkrems[20]) hergestellt, die als Grundlage Kasein enthalten.

Auch Kitte und Klebmittel werden mit Kasein hergestellt. Einen Kitt[21]) erhält man z. B. aus Kasein, Kalk und Wasserglas. Über einen weiteren Zusatz von gerbstoffhaltigen Materialien[22]). Einen Kaseinleim[23]) erhält man durch Erhitzen von 100 g in kaltem Wasser gequelltem Kasein mit 6 g Kolophonium und Verrühren der schleimigen Flüssigkeit mit Alkali. Man erhält so eine kolloide Lösung des harzsauren Kaseins, die gesiebt und zu dünnen Platten eingetrocknet wird.

In der Zeugdruckerei und als Appreturmittel wird das Kasein vielfach verwendet als Ersatz für das Eiereiweiß. Über einen für technische Zwecke dienenden Eiweißersatz aus Kasein, der sich auf der Faser mit den Farbstoffen durch Dämpfen befestigen läßt, vgl. [24]). Kasein dient ferner zum Imprägnieren von Geweben. Zum Klären von Wein setzt man diesem Kaseinnatron zu, das durch die freie Säure zerlegt wird. Das freiwerdende Kasein reißt die trübenden Bestandteile zu Boden[25]). Man verwendet zu demselben Zwecke auch eine Kaseinboraxlösung[26]).

Preise: Kasein, 100 kg
techn. in Alkal. löslich 110 M.
„ in Wasser lösl. (Kaseinnatron) 110 „
„ feines Pulver 120 „
gereinigt 150 „
chemisch rein 1 kg 15 „

Bezugsquellen: Lehmann & Voß, Hamburg; G. E. Marsmann, Hamburg; Molkerei Eisenharz, Allgäu; Gustav H. Petersen, GmbH., Berlin C 25; E. de Haen, GmbH., Seelze b. Hannover.

Statistisches: Wegen der hohen Magermilchpreise in Deutschland wird das Kasein fast ausschließlich vom Ausland bezogen. Beträchtliche Mengen beziehen wir vor allem aus Frankreich, in zweiter Linie aus Amerika. Als weitere Produktionsländer kommen hauptsächlich Italien, Schweden und Dänemark in Betracht.

1913 betrug die Einfuhr 6694 t im Werte von 4016000 M., davon aus Frankreich 4224 t im Werte von 2534000 M., Argentinien 1322 t im Werte von 793000 M. Ausgeführt wurden 1913 485 t im Werte von 397000 M.

4. Kleber. Das Weizenkorn enthält außer Stärke, Wasser und Zellstoff noch

Eiweißkörper, unter denen das Klebereiweiß die überwiegende Menge bildet. Unter Kleber oder Gluten versteht man das Gemenge von 2 Eiweißkörpern, dem Gliadin und dem Glutenin, die in etwa gleichen Anteilen vorhanden sind.

Das Gliadin gehört zu den alkohollöslichen Pflanzeneiweißen, es enthält viel Prolin, Glutaminsäure und Ammoniak. Es ist in 70%igem Alkohol sehr leicht löslich, unlöslich dagegen in abs. Alkohol, in Salzlösungen und in Wasser. Seine Salze mit Säuren und Basen sind in Wasser löslich. Beim Kochen einer Aufschwemmung mit Wasser wird es unlöslich. Das Glutenin (früher Glutenkasein) ist in Wasser und neutralen Salzlösungen unlöslich, löslich in Säuren und besonders Alkalien. Aus der folgenden Tabelle[27]) sind die Spaltungsprodukte des Gliadins und des Glutenins, sowie des Gemenges beider, des Glutens, ersichtlich:

Weizen

	Glutenin %	Gluten %	Gliadin %
Analysen C	52,34	—	52,72
H	6,83	—	6,86
N	17,49	—	17,66
S	1,08	—	1,03
Glykokoll	0,89	0,44	0,0
Alanin	4,65	3,33	2,0
Valin	0,24	0,23	0,21
Leucin	5,95	5,78	5,61
Asparaginsäure	0,91	0,75	0,58
Glutaminsäure	23,42	30,38	37,33
Prolin	4,23	5,65	7,06
Phenylalanin	1,97	2,16	2,35
Tyrosin	4,25	2,73	1,20
Histidin	1,76	1,19	0,58
Arginin	4,72	3,94	3,16
Lysin	1,92	0,96	0,0
Ammoniak	4,01	4,56	5,11

Die Eiweißkörper des Roggens und der Gerste stimmen mit denen des Weizens ganz nahe überein.

Darstellung: Knetet man einen steifen Teig aus Weizenmehl unter Wasser, so werden lösliche Stoffe (auch Eiweißkörper) und Stärkemehl ausgewaschen und es bleibt als gelblichgraue, zähe, klebrige, fadenziehende Masse der Kleber zurück. Seine Eigenschaften ändern sich mit den Mengenverhältnissen dieser Bestandteile. Bei einem geringen Gehalt an Gliadin wird die Abscheidung des Klebers schwierig oder unmöglich. Beim Weizen gelingt die Abscheidung des Klebers am besten.

Die Gewinnung des Klebers ist mit der Weizenstärkefabrikation verbunden, die im Prinzip ein Trennungsverfahren zwischen Stärke und Kleber ist. Mehl wird mit etwa der gleichen Menge 0,2%igem Kalkwasser[28]) oder einer 1%igen Kochsalzlösung[29]) oder auch diastasehaltigen Stoffen (Grünmalz oder Malzmehlauszüge)[30]) gründlich verrührt und der Teig zentrifugiert. Der Kleberteig bleibt zurück, während sich die Rohstärke an den Wandungen ansetzt. Man erhält aus 50 kg Mehl 62,5 kg Kleberteig. Der feuchte Kleber geht leicht in Fäulnis über. Der Kleberteig wird in Platten geformt und getrocknet und bildet dann eine hornartige Masse. Die Platten werden, um sie geschmack- und geruchlos zu machen, kurze Zeit in eine 1—5%ige Formaldehydlösung eingelegt[31]).

Verwendung: Kleber wird vor allem als Klebstoff[32]) (Kleberleim, Wiener Leim) verwendet. Er besitzt große Bindekraft, schlägt nicht durch und ist schon in kaltem Wasser quellbar. Zur Konservierung macht man Zusätze von Alkohol, Kreosot, u. dgl. Zur Erhöhung der Elastizität gibt man Glyzerin zu.

Der Kleber liefert ein billiges und wertvolles Appreturmittel. Er wird z. B. zu diesem Zwecke durch Behandeln mit einem Persalz wasserlöslich gemacht[33]). In der Zeugdruckerei wird er zum Fixieren der Farben benutzt.

Kleber wird auch zur Herstellung von plastischen Massen durch Nachbehandeln mit Formaldehyd verwendet[34]). Die resultierenden Produkte sind aber wegen ihrer Feuchtigkeitsempfindlichkeit nicht sehr wertvoll. Die Pflanzeneiweißstoffe werden auch als Seifenzusätze verwendet. Man erhitzt beispielsweise[35]) 10 kg trokkenes Gliadin oder Glutenin (aus Weizen) mit 20 kg Glyzerin (30 grädig) in einer heizbaren Knetmaschine auf 120° und verarbeitet die zähe Masse in der Pilliermaschine mit 70 kg Grundseife in Spanform. Ein Zusatz einer Lösung von Kleber in Ätzalkali zur Seife soll deren Eigenschaften wesentlich verbessern[36]).

Kleber wird auch als Klärmittel verwendet.

5. Keratin. Das Keratin bildet die Hornsubstanzen des menschlichen und tierischen Körpers, also die verhornten oberen Schichten der Epidermis, die Haare, Federn, Nägel, Hufe, Hörner usw. Es befindet sich auch in den Eierschalen.

Das Keratin gehört neben dem Kollagen und Elastin zu den Gerüsteiweißen oder Albuminoiden.

Die Gerüsteiweiße sind in Wasser und Salzlösungen ganz unlöslich, kaum löslich in verdünnten Säuren oder Alkalien. Das Keratin im besonderen ist auch darin ganz unlöslich. Erst in 10%iger Kalilauge in der Hitze oder in 20%iger Kalilauge in der Kälte ist es löslich. Aber

durch das starke Alkali ist das Keratin dann natürlich zersetzt. Von allen Eiweißen enthält das Keratin am meisten Schwefel. Dieser ist ausschließlich als Cystin vorhanden. Für Cystin sind z. B. folgende Zahlen gefunden worden[37]):

Haare, Mensch	13,92%
„ , Pferd	7,98%
Nägel, Mensch	5,15%
Horn, Rind	6,8 %
Hufe, Pferd	3,2%
Eierschalen, Huhn	7,62%

Aus dem schwankenden Schwefelgehalt muß man auf die Verschiedenheit der einzelnen Keratine schließen. Von den vorliegenden Analysen des Keratins sei die von W. Kühne und R. H. Chittenden[38]) angeführt:

	C	H	N	S	O
Menschenhaare	49,85	6,52	16,8	4,02	23,2

Das Keratin gibt sehr deutlich die Millonsche und besonders die Schwefelbleireaktion.

Verwendung: Durch Behandeln von Keratinverbindungen mit Sulfitzelluloseablauge erhält man Klebe- und Appreturmittel[39]).

Zur Herstellung zelluloidartiger Massen[40]) werden keratinhaltige Stoffe in Alkalilauge gelöst, mit Säure ausgefällt und das gefällte Produkt mit Formaldehyd gehärtet.

Alkalische Keratinlösungen werden in der Weißgerberei[41]) verwendet. In Verbindung mit 5—10% Öl oder Fett, etwas Mehl und einer Aluminiumsulfatlösung wird die Umwandlung der Haut in Leder bewirkt und so werden wasserfeste, geschmeidige Produkte erhalten.

Durch Verseifen einer Lösung von Keratin mit ätzenden oder kohlensauren Alkalien wird eine Keratinseife hergestellt[42]).

Das Keratin wird zur Herstellung von Lacken und Anstrichmassen verwendet.

Literatur:

1. Allgemeine Literatur:

Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper, Braunschweig 1911.
E. Abderhalden, Lehrb. d. physiol. Chem. 3. Aufl. 1914.
V. Grießmayer, Die Proteide der Getreidearten 1897.
E. Abderhalden, Biochem. Handlexikon, Berlin 1910.
L. Schweizer, Alkal. Hydrolyse des Kaseins 1904 Diss.
E. Siemering, Studien über Keratine 1904 Diss.
R. Ruprecht, Die Fabrikation von Albumin u. Eierkonserven, Wien 1904.
T. B. Robertson, Die phys. Chemie der Proteine, 1912.
Ullmann, Enzyklopädie d. techn. Chemie.
Lange, Chem.-techn. Vorschriften, Leipzig 1911.

2. Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper, S. 19.
3. Friedrich Hofmeister, Z. physiol. Ch. **24**, 159 (1897). D. Kurajeff, ibid. **26**, 462 (1898).
4. G. Hüfner, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1894, S. 30.
5. L. Langstein, Über die gerinnbaren Stoffe des Eierklar. Hofmeisters Beiträge **1**, 83 (1901).
6. K. Ruprecht, Die Fabrikation von Albumin und Eierkonserven, Wien 1904.
7. G. Hamarsten, Z. physiol. Ch. **7**, 227 (1883).
8. DRP. 135745.
9. Farbe und Lack **139**, 208 (1912). Deutsche Malerztg. (Mappe) **31**, 362 u. 371. Seifens. Ztg. 1912, S. 81.
10. Seifens. Ztg. 1912, S. 579.
11. DRP. 129037.
12. DRP. 200919.
13. F. Friedlein, Tempera und Temperatechnik. Dörner, Techn. Mitt. f. Mal. **28**, 181 und 189.
14. Lange, Chemisch-technische Vorschriften.
15. Vgl. die als Beilage zur Leipziger Drechsl. Ztg. erscheinende Zeitschrift „Galalith", ferner Kunststoffe 1912, S. 225 (Fabrikation von Galalith), 1912, S. 181 (Verwendbarkeit und Bearbeitbarkeit von Galalith).
16. DRP. 115681 und 141309.
17. Lange, Chemisch-techn. Vorschriften, S. 488.
18. DRP. 183317 und 236908.
19. Seifens. Ztg. 1905, S. 196.
20. Seifens. Ztg. 1911, S. 368.
21. DRP. 60156 und 154289.
22. DRP. 116355.
23. DRP. 270200.
24. DRP. 161842.
25. DRP. 126041.
26. DRP. 131870.
27. Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper, S. 225.
28. G. Baumert, Z. angew. Ch. 1900, S. 805.
29. DRP. 187590.
30. DRP. 200774.
31. DRP. 121437 und 123207.
32. C. Puscher, Polyt. Notizbl. 1867, S. 270. DRP. 172610.
Weiteres s. Lange, Chem.-techn. Vorschriften, S. 517.
33. DRP. 260414.
34. DRP. 188340.
35. DRP. 248958.
36. W. Lorberg, Ber. chem. Ges. 1872, S. 300.
37. Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper, S. 254.
38. Z. f. Biol. **26**, 291 (1890).
39. DRP. 82498.
40. DRP. 134314.
41. DRP. 4389.
42. Oe. P. Anm. 7784/07.

H. Schladebach.

Eklogit s. Steine II, X, 28.
Ekrasit s. Sprengstoffe V, 5, c.
Ektogan s. Desinfektionsmittel 41.
Elain s. Fette II, E, 3.
Eläolith s. Steine II, B, 9.
Elaylchlorid s. Äthylenchlorid.
Elbtrias s. Steine V, L.
Elektrische Elemente s. Elemente.
Elektrit s. Aluminiumoxyd.
Elektrolytkupfer s. Kupfersulfat; Kupfer.
Elektronaharze s. Harze A, 8, a.
Elektronmetall s. Manganlegierungen.
Elektrostahl s. Eisen B, III.
Elementarstein s. Steine I, 20.
Elemente, galvanische: s. Kupferoxyd (Kupronelement); Kupfersulfat (Daniell-E.; Meidinger-E.); Manganoxyde 5 (Leclanché-E.); Silberchlorid.
Elemi s. Harze A. 5.
Elfenbeinschmelze, Werdauer s. Fette II, G.
Elfenbeinschwarz s. Farbstoffe I, 81, a.
Elkalin s. Steine V, M.
Eller s. Holz VII, 13.
Else s. Holz VII, 13.

Email: Emaille, Schmelz; engl.: enamel; franz.: émail.

Unter Email versteht man zunächst das Emaillegeschirr bzw. einen Gegenstand aus Metall plus Glasur; dann bezeichnet man auch die geschmolzene Glasur allein als Email. Der richtige Ausdruck zur Unterscheidung beider ist: Email(emaillierter)gegenstand und Emailglasur.

Email (Glasur) ist der chemischen Natur nach ähnlich wie Glas eine Verbindung von Kieselsäure, Flußsäure, Borsäure mit Alkalien, alkalischen Erden, Erden und anderen Metalloxyden, in der unaufgeschlossen nur feinverteilte Farbkörper wie Zinnoxyd, Zinkoxyd, Eisenoxyd enthalten sind. Man wird aber die Verbindung nicht als chemisch einheitlich bezeichnen können wegen der wechselnden und in Beziehung auf chemische Konstitution willkürlichen Zusammensetzung, sondern man wird sie besser als ein Gemenge von kieselsauren, flußsauren, und borsauren Salzen ansprechen, in der unverbunden vorbenannte Farbkörper enthalten sind.

Die Emailglasuren unterscheidet man nur durch ihren Gattungsbegriff:

Allgemein als Emailglasur für Eisen, Emailglasur für edlere Metalle: Gold, Silber, Kupfer usw.

Die Emailglasur für Eisen trennt sich weiter in solche für Gußeisen und für Blech.

Bei den einzelnen Glasuren selbst unterscheidet man Grundglasuren und Deckglasuren.

Die Deckglasuren unterscheiden sich zunächst durch ihre Farbe. Außer weißen, braunen, blauen und sonstigen farbigen Glasuren, gibt es „wolkierte", marmorierte, majolikaartige und sonstige dekorierte Glasuren.

Die jetzt im Handel befindlichen Glasuren werden vielfach unterschieden in borhaltige und borarme bzw. borfreie Glasuren. Je höher der Borgehalt, desto geeigneter ist die Glasur, insbesondere die Grundglasur. Der normale Borgehalt der sog. Friedensemaille beträgt bei Grundglasuren für Blech 9—15% Borsäure (B_2O_3) entsprechend 25—40% Borax ($Na_2O.B_4O_6 + 10.H_2O$) in der ungeschmolzenen Mischung; bei Grundglasuren für Guß: 8—10 % Borsäure entsprechend 25—30 % Borax in der Rohmischung; bei Deckglasuren: 6—10% Borsäure, entsprechend 15—30% Borax in der Rohmischung. An den borarmen bzw. borfreien Glasuren haben die Glasuren nach DRP. 308293 (Eyer) Bedeutung gewonnen; das in dem Patent enthaltene Prinzip wird allgemein für die Zwecke des Boraxersatzes verwandt.

Ein Merkmal für Grundglasuren ist ferner der Gehalt an Kobaltoxyd, der zwischen 0—1% schwankt.

Deckemaillen werden nach ihrer Deckkraft unterschieden und bei weißen Glasuren nach der Art des Trübungsmittels: Zinnoxydhaltige Glasuren sind die besten; der Zinnoxydgehalt schwankt zwischen 3 und 10%.

Eine wichtige Unterscheidung ist ferner die in giftige und ungiftige Glasuren. Kochgeschirremaillen müssen der gesetzlichen Vorschrift betr. den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen vom 25. Juni 1887 entsprechen: Sie dürfen nach ½-stündigem Kochen mit 10%iger Essigsäure höchstens Spuren von Blei abgeben. Verboten ist überhaupt die Verwendung sämtlicher giftiger Metalle wie Blei, Zink, Barium, Antimon usw. bei Deckemaillen für Kochgeschirre. Ein weiterer Gattungsbegriff ist in der Art der Anwendung von Emailleglasur begründet. Man unterscheidet: Tauchemaillen und Puderemaillen.

Tauchemaillen sind solche, die naß verarbeitet werden, während Puderemaillen trocken aufgesiebt werden (Pariser Puderemaille für Schilder).

Emailglasur kommt entweder ungemahlen (granuliert) oder gemahlen als Pulver in den Handel, das nach Bedarf mit der nötigen Menge Wasser zu versetzen ist.

Die *Struktur* der Emaille ist glasig und der dem Glase eigene Glanz ist wichtig für die Beurteilung eines Emails. Man liebt

bei Email einen hohen Glanz, dessen Erzielung von den verschiedensten Umständen abhängt. Zunächst steht fest, daß je borärmer die Glasur, desto geringer der Glanz ist. Aber auch feines Mahlen und hohe Einbrenntemperatur beeinflussen den Glanz im günstigen Sinne.

Der *Schmelzpunkt* der Emaille ist sehr verschieden: Die niedrigschmelzenden Majolikaglasuren schmelzen schon bei etwa 600°, während manche Grundglasuren 1000° und mehr gebrauchen. Im allgemeinen kann man sagen: Grundglasuren schmelzen bei 900—1000°, Deckglasuren bei 600—900°.

Dichte: ähnlich wie bei Glas.

Wärmeausdehnung: im allgemeinen wie bei Glas. Hinsichtlich der Ausdehnung der verschiedenen Emaillen sei gesagt, daß zunächst die Grundglasur der Ausdehnung des Eisens angepaßt sein muß, da sie sonst abspringt; ferner, daß Deckglasuren sich stärker ausdehnen müssen, als Grundglasuren, weil sonst Haarrisse entstehen.

Die übrigen physikalischen Eigenschaften der Emailleglasur fallen mit denen des Glases zusammen.

Verhalten gegen chemische Stoffe: Emailglasur muß für Öfen und Herde wasserbeständig, für Schilder wetterbeständig und für Kochgeschirre und chemische Geräte säurebeständig sein. Die Säurebeständigkeit der Kochgeschirre wird so geprüft, daß man 10%ige Essigsäure in ihnen ¼—½ Stunde kocht. Nach dem Kochen darf die Glasur nicht angegriffen sein, was nach dem Ausgießen des Essigs und Trockenreiben der Innenfläche durch Ansehen und Befühlen festgestellt werden kann. Dort wo die Glasur angegriffen worden ist, erscheint sie matter und rauher.

Schärfer als Essigsäure greift Fruchtsäure, insbesondere Zitronensäure, das Email an. Es gibt nur wenig Emaillen, die durch den Saft einer aufgelegten Zitronenscheibe nicht in kürzester Zeit angegriffen werden.

Die Wasserbeständigkeit der Emailwaren wird dadurch geprüft, daß man sie ein paar Stunden in Wasser legt; sie dürfen nach dem Herausnehmen und Abtrocknen dort keinen matteren Glanz und keine Rauheit zeigen, wo sie im Wasser gelegen haben.

Bei der Beurteilung der Wetterbeständigkeit muß der Gegenstand der verschiedensten Temperaturschwankungen ohne Abblättern standhalten.

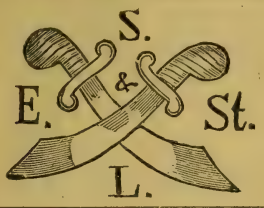
Haltbarkeit: Die Prüfung auf Haltbarkeit ist im allgemeinen praktischer Natur: Man schlägt mit einem Gegenstand an die Kanten des emaillierten Gegenstandes und beobachtet die Wirkung oder man biegt ein emailliertes Blech und stellt fest, wie weit man es biegen kann, bis das Email abspringt. Kochgeschirre werden zur Prüfung auf Haltbarkeit ohne Inhalt auf die Gasflamme gestellt und nach Heißwerden des Bodens wird kaltes Wasser eingegossen: das Email darf durch die plötzliche Abkühlung nicht springen.

In Japan ist folgende bestimmte Vorschrift eingeführt: Durch einen Erlaß vom 17. September 1917 hat das japanische Handels- und Landwirtschaftsdepartement die Untersuchung von Emailgeschirr vor der Freigabe zur Ausfuhr vorgeschrieben. Gemäß der Verordnung hat die zuständige Provinzialbehörde oder die dazu ermächtigte private Organisation der betroffenen Fabrikanten in zweckmäßiger Weise die Waren auf ihre Güte zu untersuchen, bevor die Ausfuhrerlaubnis erteilt wird. Nachstehende Mängel in Beziehung auf die Beschaffenheit der Ware verhindern die Erteilung der Ausfuhrbewilligung: 1. Unregelmäßigkeit der Form. 2. Undurchsichtigkeit in Farbe und Glasur. 3. Unvollständiges Abputzen. 4. Zur Feststellung der Stärke des Emails wird folgende Probe gemacht: Ein Gestell von nachstehender Beschaffenheit wird dabei verwendet: Eine Platte aus Eichenholz, 8 Bu (2,424 cm) stark, die einen senkrecht eingeteilten Maßstab aus Schmiedeeisen trägt. Auf dem Maßstab ist ein beweglicher Halter mit einem Ring in wagrechter Lage, dessen innerer Durchmesser 1,22 Sun (3,697 cm) beträgt, angebracht. Eine Eisenkugel mit einem Durchmesser von 1,2 Sun (3,636 cm) und einem Gewicht von 50 Momme (187,5 g). Wenn die obengenannte Eisenkugel aus einer Höhe von 1 Shaku und 5 Sun (45,45 cm) auf die Emailware fällt, die auf der Eichenholzplatte untergebracht ist, und das Email dabei vollständig entfernt wird, so wird die Ware verworfen. 5. An Emailwaren, deren Seiten oder Böden gelötet sind, fehlt das deutlich anzubringende Zeichen „Soldered". 6. An Emailwaren, deren Seiten oder Böden gepreßt sind, fehlt das deutlich anzubringende Zeichen „Jointed". Die unter Ziffer 5 und 6 genannten Zeichen sollen von folgender Beschaffenheit sein: Länge 3,03 cm, Höhe 1,97 cm, Breite des Ringes 1,5 mm. Sowohl der Ring als auch sein Text sollen rot gedruckt sein.

Verwendbarkeit und Produktion: Es werden die verschiedensten Gegenstände, wie Öfen, Herde, Schilder, Sanitätsartikel, Lampenschirme, Kochgeschirre, chemische Apparate usw. emailliert. Es gab vor dem Krieg in Deutschland 282 und in Österreich-Ungarn 14 Emaillierwerke. Die Jahresproduktion vor dem Kriege an

Liste der Schutzmarken und Warennamen bekannter Firmen:

Firma	Schutzmarke	Name
Altenloh & Falkenroth, G. m. b. H,, Hagen i. W.		
Annweiler Email- und Metallwerke, vorm. Franz Ulbrich Söhne, Annweiler.		Kosmos
Gebrüder Baumann, Amberg, Oberpfalz.		
Bellino & Co., Göppingen.		Sanas
Eisenhüttenwerk Thale, A.-G. Thale a. H.		
Frankfurter Emaillierwerke Otto Leroi, G. m. b. H. Neu-Isenburg. (Schilder.)		Torpedo-Email

Firma	Schutzmarke	Name
Fuldaer Stanz- u. Emaillierwerke F. C. Bellinger, Fulda.		Fuldensia
Sächsische Emaillier- u. Stanzwerke, vorm. Gebr. Gnüchtel, A.-G. Lauter i. S.		
Schultze u. Wehrmann, Emaillierwerk, Elberfeld, Arndtstr. 73. (Schilder.)		Gladiator
Weißmüller & Co., B. G., G. m. b. H. in Düsseldorf.		Vulkanus
Westfälische Stanz- und Emaillierwerke, A.-G., vorm. J. u. H. Kerkmann, Ahlen i. W.		Felsenemaille

Kochgeschirren betrug 90 Millionen Kilo im Werte von 65 Millionen Mark. Das Emailgeschirr war vor dem Kriege sehr billig und wurde vielfach unter dem Erzeugungspreis in den Handel gebracht. Während nach obiger Darstellung vor dem Kriege das kg Emaillegeschirr 0,72 M. kostete, wurden 1919 5 M. und mehr dafür bezahlt.

Wichtig bei der Beurteilung des Wertes von Kochgeschirren aus Eisenblech ist die Art der Bearbeitung der Rohware und die Stärke des Bleches.

Es gibt Kochgeschirre, bei denen der zylindrische Rumpf durch Anfalzen oder Anschweißen zusammengeheftet wird und bei denen dann der Boden ebenfalls angefalzt wird. Solche Töpfe mit Naht und angesetztem Boden nennt man gefalzte Gegenstände, die man als minderwertig bezeichnen muß. Im Gegensatz hierzu stehen die gestanzten Töpfe, die aus einem Stück Blech gezogen sind. Die Stanzware ist haltbarer und teurer und ist der gefalzten in jedem Falle vorzuziehen. Je dicker das beim Stanzen ver-

wandte Blech ist, desto schwerer und wertvoller ist der Topf. Man unterscheidet im Handel die leichte, billige Stanzware und die schwere, besser ausgeführte Ware. Hierzu gehören neben anderen: das Kosmosgeschirr von Ullrich, Annweiler, das Geschirr Löwenmarke von Gebr. Baumann, Amberg und die Felsenemaille von Kerkmann, Ahlen i. W.

Hinsichtlich der Haltbarkeit haben sich von Kochgeschirren die grauen (einfach grau, graugewolkt, graugespritzt) bewährt. Weiße Emaillewaren sehen besser aus, halten aber im allgemeinen nicht so gut, weil die Glasur dicker aufliegt. Im Kriege war die Anfertigung von Weiß wegen des damit verbundenen Zinnverbrauchs verboten und der noch bestehende Mangel an Zinnoxyd und hauptsächlich die leichtere Fabrikation von Grau wird lange noch das graue Geschirr vorwalten lassen.

Unter den dekorierten Kochgeschirren wird dem marmorierten Geschirr der Vorzug gegeben. Es kommt bei solchem Geschirr sehr auf die Marmorierung an.

Weniger begehrt sind die marmorierten Sachen, bei denen die Adern unregelmäßig sind (wilder Marmor), während solche, bei denen die Adern ganz fein sind und regelmäßige Vierecke oder Achtecke bilden (Netzmarmor), sehr gesucht sind. (Fabrikant: Gebr. Gnüchtel, A.G, Lauter i. Sa. Siehe Warenzeichen.)

Über Emailleschilder ist zu bemerken, daß es Farbschilder, gefüllte und schablonierte Schilder gibt.

Die Farbschilder haben eine Schrift aus Porzellanfarbe, während die gefüllten und schablonierten Schilder, als Schriftmaterial Emaille selbst enthalten.

Die letzteren sind daher wetterbeständig.

Bei emaillierten Öfen, spielt die Emaillierung insofern eine Rolle, als solche, die majolikaartig emailliert sind, im Preise teurer sind, als einfarbige, obwohl in Beziehung auf Haltbarkeit die einfarbigen Öfen vorzuziehen sind.

Hinsichtlich des Werts von emailliertem Geschirr, kommt auch die Art der Henkel in Frage. Geschirr mit Hohlhenkel, besonders solches, bei dem der Henkel derart autogen angeschweißt ist, daß es erscheint, als ob der Henkel aus dem Topf herauswachse, sind begehrter, als solche mit Flachhenkel, bzw. Hohlhenkel, der angenietet oder derart angeschweißt ist, daß man die Lappen des Henkels aufliegen sieht.

Schmuckemaillen unterscheidet man hinsichtlich ihrer Fabrikation in Email champlevé oder Grubenschmelz, weil die Emaille auf die mit Gruben versehene Fläche des Gold- bzw. Metallgegenstandes gebracht wird, und Email cloisonné oder Zellenschmelz, weil die zu dekorierende Fläche in Zellen eingeteilt ist, in die die Emaille gebracht wird.

Literatur:

V. Brause, Der Emailliermeister 1911. Eyer, Eisenemaillierung, Leipzig 1906; Ders., Anlagen uud Einrichtungen eines Emaillierwerks, Berlin 1913. Grünwald, Theorie und Praxis der Blech- und Gußeisenemaillierindustrie, Leipzig 1908; Ders., Kalender für die Eisenemaillierindustrie, Leipzig 1913. Ders., Theorie und Praxis der Blech- und Gußemaillierindustrie. Kitzig, Das Emaillieren, Leipzig 1907. Lutzmer, Das Email, Leipzig 1892. Randau, Fabrikation des Emails, Wien 1909. Schäfer, Emaille und ihre Anwendung in der chem. Industrie, Z. angew. Ch. 1915, 419. E. A. Schott, Muffelöfen für Emaillierwerke. Vogelgesang, Lehrbuch der Eisenemaillierkunst. Ever, Emaillewissenschaft, Dresden 1913; Kratze, Aus der Praxis der Puderemaillierfabrik, Keram. Rundschau.

Ph. Eyer.

Emaillepinol s. Steine V, M.

Emaillit s. Steine V, M.

Emailweiß s. Farbstoffe I, 58, 98, 99.

Emser Salz, künstliches s. Natriumbikarbonat.

Encaustiquefluat s. Steine V, K.

Engelrot s. Farbstoffe I, 31.

Englischrot s. Eisenoxyd; Farbstoffe I, 31.

Engobefarben s. Farbstoffe II, A, 1.

Enkaustische Platten s. Tonwaren.

Enthaarungsmittel s. Arsendisulfid, -trisulfid, Natriumsulfid.

Entwickler s. Photogr. Materialien C.

Entwicklungspapiere s. ebenda D, F.

Epichlorhydrin, β-Chlorpropylenoxyd 1,2, salzsaures Glycid.

Chemische Zusammensetzung: $CH_2—CH—CH_2Cl$. Mol.-Gew. 92,5. C: 38,92%, H: 5,41%, O: 17,30%, Cl: 38,37%. Farbloses, leicht bewegliches Öl, das nach Äther und Chloroform riecht. Geschmack brennend süßlich. Spez. Gew. D_{20} = 1,180. Siedep. bei 755,5 mm 117° C. In Wasser unlöslich. Wenig flüchtig und schwer entzündlich. Epichlorhydrin verbindet sich mit Salzsäure zu α-Dichlorhydrin. Phosphorpentachlorid bildet Trichlorhydrin. Mit konz. Salpetersäure wird es zu β-Chlormilchsäure oxydiert. Beim anhaltenden Erhitzen mit Wasser auf 180° C findet Bildung von α-Monochlorhydrin statt.

Verwendung: Epichlorhydrin löst beliebige Mengen Schießbaumwolle klar auf. Es

dient als Lösungsmittel für Harze (Kopale), Lacke (Schellack) und für Nitrozellulose (Zelluloid). Nach D.R.P. 84 146 löst man Harz (Bernstein oder Kopal) in der gleichen Gewichtsmenge Epichlorhydrin, setzt dann ebensoviel Alkohol hinzu und erwärmt bis zur völligen Lösung. Durch Zusatz von 10—15% Leinölsäure oder Rizinusöl erhält man einen rasch trocknenden, schleif- und polierbaren Lack, der für Naturholz ohne Zusatz von Porenfüllern sehr gut verwendbar ist. Epichlorhydrin dient in der organischen Chemie zu vielen Synthesen; aus ihm werden die meisten Glycidverbindungen hergestellt.

Mit Epichlorhydrin isomer ist das β-Epichlorhydrin vom Siedep. 132—134° C. Es wird technisch nicht angewendet.

Preise: Epichlorhydrin 1 kg M. 25,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik Griesheim-Elektron Frankfurt a. M.; H. Flemming in Kalk bei Köln; E. de Haen, chem. Fabrik „List", G. m. b. H., Seelze bei Hannover; E. Merck, Darmstadt.

Literatur:

Richter, Chemie der Kohlenstoffverbindungen Bd, I, Bonn 1909.

Ed. Schenk.

Epsomsalz s. Magnesiumsulfat.
Eradit s. Natriumhydrosulfit.
Erbium s. Seltene Erden.
Erbsenstein s. Steine II, X, 1, c.
Erdeichelöl s. Fette II, B, 2.
Erdharz s. Montanwachs.
Erdnußöl s. Fette II, B, 2; Konstanten ebda. II, A.
Erdöl s. Fette I, 1; 3.
Erdölpech s. Fette I, 14.
Erdpech s. Fette I, 1; s. a. Asphalt.
Erdschellack s. Harze A, 1.
Erdteer s. Fette I, 1.
Erlangerblau s. Farbstoffe I, 7.
Erlangergrün s. Farbstoffe I, 51.
Erle s. Holz VII, 13.
Erlenrinde s. Gerbstoffe 16.
Ernolith s. Plastische Massen 12.
Erzblume s. Steine I, 8.
Erzzement s. Steine V, A, 5, g, 3.
Esche s. Holz VII, 14.
Eschel s. Farbstoffe I, 84.
Eschwegerseife s. Seife.
Esmeralda s. Steine V, K.
Essigäther s. Essigester.

Essigester, Äthylazetat, Essigäther, Essigsäureäthylester, Aether aceticus; frz.: acetate d'éthyle; engl.: acetate of ethyl.

Chemische Zusammensetzung: $CH_3.CO_2.C_2H_5$. Mol.-Gew 88,1. C: 54,54%, H: 9,10%, O: 36,36%. Farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit von erfrischendem Äthergeruch und brennendem Geschmack. Spez. Gew. $D_0 = 0{,}9238$. Siedep. 77,5° C. Schmp. —82° C. Durch Einwirkung von met. Natrium, Natriumäthylat oder Natriumamid entsteht Azetessigsäureäthylester $CH_3.CO.CH_2CO_2.C_2H_5$. Leicht entzündlich, verbrennt mit rußender Flamme. In 9 T. Wasser löslich. In allen Verhältnissen mit Alkohol, Äther, Fetten und ätherischen Ölen mischbar.

Verwendung: Als Lösungsmittel besonders bei der Fabrikation von rauchschwachem Pulver und von chemischen Präparaten; dann zur Herstellung von Azetessigsäureäthylester, von Fruchtessenzen (Fruchtäthern), als Zusatz z. B. zu Essig, geringen Weinen, Branntwein, Likören und Fruchtsäften in der Likörfabrikation und Parfümerie. Zur Herstellung einer flüssigen Textilseife aus 100 kg Essigester und 6 kg bester Schmierseife und Zusatz von Dextrin oder Kartoffelmehl, zur Entfernung von alten Teer- oder Ölfarbenflecken; zur Abscheidung von hartem Paraffin aus Mineralölen durch Behandlung derselben mit der 2—3fachen Menge Essigester, besonders wenn man dabei die Abscheidung des Paraffins durch Abkühlung befördert (D.R.P. 241 528), zum Reinigen von Wollfett (D.R.P. 79 131), zum Lösen von Azetylzellulose). In der Medizin als Ersatz für den gewöhnlichen Äther und innerlich als Medikament. In der organischen Chemie zur Herstellung von Azetessigester, der mit Phenylhydrazin Antipyrin bildet.

Die deutsche Produktion an Essigester betrug im Jahre 1902 nach Witt etwa 2000 t. Im Jahre 1910 wurden etwa 200 t im Werte von 200 000 M. ausgeführt.

Preise: Essigsäureäthylester,

(0,902—0,904) Ph. G. V.	100 kg M. 275,00
doppelt gereinigt (0,890 = 28° Bé)	100 kg M. 250,00
gereinigt (0,870—0,880 = 32—30° Bé)	100 kg M. 250,00
wasserfrei	100 kg M. 420,00
Als Fruchtäther	100 kg M. 700,00

Bezugsquellen: Chemische Werke Fürstenwalde Dr. B. Becker u. W. Zeidler G. m. b. H., Fürstenwalde (Spree); C. Erdmann, chem. Fabrik Leipzig-Lindenau; Holzverkohlungsindustrie A.-G., Konstanz (Baden); E. Merck, Darmstadt; E. de Haen, chem. Fabrik „List", Seelze bei Hannover; Renckhoff u. Co., chem. Fabrik, Mülheim-Ruhr.

Literatur:

Beilstein, Handbuch der org. Chemie, Bd. I, Hamburg u. Berlin 1893 u. 1919.
Fischer, Handbuch der chem. Technologie, Leipzig 1893.

Ed. Schenk.

Essiggeist s. Azeton.

Essigsäure, lat.: acidum aceticum; frz.: acide acétique (a. crystallisé, glacial); engl.: acetic acid (a. glacial). Chem. Zus.: $C_2H_4O_2$. Mol.-Gew. 60,0. Farblose, stechend riechende, stark ätzende Flüssigkeit vom spez. Gew. 1,05533, die bei 16,7° zu durchscheinenden, glänzenden Blättchen erstarrt. Bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet die Essigsäure. Sp. 118°. Verbrennungswärme 209,4 kcal. Beim Vermischen mit Wasser tritt Erwärmung und Kontraktion ein, am stärksten beim Zusammengeben von 1 Mol. Essigsäure mit 1 Mol. Wasser. Eine Lösung von 55% Essigsäure hat das gleiche spez. Gewicht wie Eisessig. Mit Wasser ist Essigsäure in allen Verhältnissen mischbar.

Volumgewichte der Lösungen von Essigsäure in Wasser von 15° C (Oudemans):

Vol.-Gew.	Proz.	Vol.-Gew.	Proz.
0,9992	0	1,0623	51
1,0007	1	1,0631	52
1,0022	2	1,0638	53
1,0037	3	1,0646	54
1,0052	4	1,0653	55
1,0067	5	1,0660	56
1,0083	6	1,0666	57
1,0098	7	1,0673	58
1,0113	8	1,0679	59
1,0127	9	1,0685	60
1,0142	10	1,0691	61
1,0157	11	1,0697	62
1,0171	12	1,0702	63
1,0185	13	1,0707	64
1,0200	14	o,0712	65
1,0214	15	1,0717	66
1,0228	16	1,0721	67
1,0242	17	1,0725	68
1,0256	18	1,0729	69
1,0270	19	1,0733	70
1,0284	20	1,0737	71
1,0298	21	1,0740	72
1,0311	22	1,0742	73
1,0324	23	1,0744	74
1,0337	24	1,0746	75
1,0350	25	1,0747	76
1,0363	26	1,0748	77
1,0375	27	1,0748	78
1,0388	28	1,0748	79
1,0400	29	1,0748	80
1,0412	30	1,0747	81
1,0424	31	1,0746	82
1,0436	32	1,0744	83
1,0447	33	1,0742	84
1,0459	34	1,0739	85
1,0470	35	1,0736	86
1,0481	36	1,0731	87
1,0492	37	1,0726	88
1,0502	38	1,0720	89
1,0513	39	1,0713	90
1,0523	40	1,0705	91
1,0533	41	1,0696	92
1,0543	42	1,0686	93
1,0552	43	1,0674	94
1,0562	44	1,0660	95
1,0571	45	1,0644	96
1,0580	46	1,0625	97
1,0589	47	1,0604	98
1,0598	48	1,0580	99
1,0607	49	1,0553	100
1,0615	50		

Elektrische Leitfähigkeit verdünnter Essigsäure bezogen auf Quecksilber von 0°, beobachtet bei 18° (F. Kohlrausch):

Prozentgehalt	Leitfähigkeit	Prozentgehalt	Leitfähigkeit
0,00006	1304.10^{-13}	15	1518.10^{-18}
0,0006	995.10^{-12}	20	1504.10^{-10}
0,006	3800.10^{-12}	30	1312.10^{-10}
0,06	1320.10^{-11}	40	1013.10^{-10}
0,3	2980.10^{-11}	50	693.10^{-10}
0,6	4300.10^{-11}	60	428.10^{-10}
1	5480.10^{-11}	70	220.10^{-10}
5	1147.10^{-10}	80	76.10^{-10}
10	1430.10^{-10}	99,7	4.10^{-12}

Verwendung: Essigsäure dient zur Herstellung von Azetaten des Aluminiums, Chroms, Eisens und Kupfers, z. B. von essigsaurer Tonerde durch Auflösen von Tonerdehydrat in Essigsäure, von Bleizucker und Bleiessig, von Grünspan und basischen Kupferazetaten für Schweinfurter Grün und andere kupferhaltige Mineralfarben. Ferner zur Herstellung von Natriumazetat, von Monochloressigsäure z. B. nach DRP 157816 durch Einwirkung von 60 kg Essigsäure auf 150 kg Sulfurylchlorid und 0,6 kg Azetylchlorid bei 55—60° C, von Essigäther durch Erhitzen von konz. Schwefelsäure mit konz. Essigsäure und Alkohol auf 130—140° C, von Azetanilid durch 8—9stündiges Kochen von Anilin mit Eisessig unter Rückfluß. Essigsäure dient ferner zur Fabrikation von Dextrin (mit 98—99%iger Essigsäure unter Zusatz von Mineralsäure), zusammen mit Essigsäureanhydrid zur Herstellung von Azetatseide. Ferner in der Gerberei, in Färberei und Zeugdruck, in der Medizin, als Speiseessig in Form von Essigsprit mit geschmacksverbessernden Zusätzen.

Die jährliche Produktion betrug vor 1914 in Deutschland:
an Essig (10%) etwa 127,5 Mill. Liter,
„ Weinessig „ 10 Mill. Liter mit 5% Essigsäure,
„ Bier- und Malzessig etwa 175000 Liter.

Deutschlands Außenhandel in Essigsäure und Essigsäureanhydrid: a) Essigsäure, b) Essigsäure, technisch bis 30%, c) Essigsäure über 30% und Essigsäureanhydrid:

Jahr	Einfuhr t	Einfuhr Wert in 1000 M.	Ausfuhr t	Ausfuhr Wert in 1000 M.
1908	a) 4,2	3	—	—
	b) —		124	26
	c) —		1145	687
1909	a) 4,1	3	—	—
	b) —		163	36
	c) —		1948	1254
1910	a) 1,8	1	—	—
	b) —		137	27
	c) —		1568	1019
1911	a) 9,0	6	—	—
	b) —	—	59	27
	c) —	—	1423	1150
1912	17,8	12	1774	1178

Preise: Essigsäure % kg M.

techn. 30%	27,00
„ 40%	35,00
„ 50%	42,00
rein 30%	38,00
„ 50%	60,00
Essigessenz 60%	108,00
„ (Vinegar essence, Essence de vinaigre) 80%	109,00
Eisessig 99/100%	125,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Berlin N 39; Chem. Fabrik Bruchhausen, GmbH., Bruchhausen bei Hüsten; Chem. Fabrik Hoherlehme, GmbH., Hoherlehme bei Wildau; Chem. Fabrik Ottmann, GmbH., Neustadt a. d. H.; Chem. Fabrik Schweinfurt, GmbH., Schweinfurt (techn. u. chem. rein); Chem. Werke Fürstenwalde Dr. B. Hecker u. Dr. W. Zeidler, GmbH., Fürstenwalde/Spree; Hartmann u. Hauers, GmbH., Hannover; Holzverkohlungsindustrie AG., Konstanz i. Baden; Verein f. chem. Industrie, Frankfurt a. M. Anlagen zur Herstellung von Essigsäure richtet ein: F. A. Bühler, Berlin-Dahlem, Humboldtstr. 7.

Literatur:

M. Klar, Technologie der Holzverkohlung und der Fabrikation der Essigsäure.

Ed. Schenk.

Essigsäureäthylester s. Essigester.
Essigsäureamylester s. Amylazetat.
Essigsaure Salze s. d. Azetate, z. B. Ammoniumazetat.
Eßkohle s. Brennstoffe 1.
Estrichgips s. Steine 5, A, 2.
Eternit s. Steine V, F.
Eternitschiefer s. Steine III, 11.
Eudapedon s. Steine III, 10, D.
Eudermol s. Salizylsäure.
Eureka s. Steine V, M.
Europium s. Seltene Erden.
Explosivstoffe s. Sprengstoffe.
Extenolysol s. Desinfektionsmittel 103.

F

Fackelsätze s. Sprengstoffe VI, a, β.

Faktis, Faktisse, Kautschuksurrogate, Ölkautschuk; franz: factice = künstlich, engl.: substitute = Ersatz, vulcanized Oil = Vulkanisiertes Öl.

Die Bezeichnung „Kautschukersatzmittel" für Faktis ist unzutreffend. Faktis kann Kautschuk nicht ersetzen, sondern findet hauptsächlich als Zusatz und Verdünnungsmittel zu Kautschukmischungen Verwendung.

In der Technik unterscheidet man zwischen weißen und braunen bzw. schwarzen Faktis.

Weißer Faktis besteht aus elastischen, schwammigen oder krümeligen Massen, die durch Einwirkung von Chlorschwefel auf Pflanzen- oder tierische Öle in der Kälte erhalten werden.

Brauner Faktis besteht aus elastischen Massen, die durch Einwirkung von Schwefel auf pflanzliche oder tierische Öle in der Hitze bei 160—180° C gebildet werden.

Eine besondere Art stellen die sogenannten gemischten Faktis dar, welche zuerst oxydiert oder vorgeschwefelt und dann mit kleinen Mengen Schwefelchlorür fertig gemacht werden. Eine den Faktis verwandte Masse ist Velvril, ein Gemisch von mit Salpetersäure behandeltem Rizinus- oder Leinöl mit niedrig nitrierter Zellulose. Velvril ist ein englisches Fabrikat (Velvril Co, Erfinder M. Reid), das als Ersatz für Guttapercha und Kautschuk dienen soll. Es ist an der Luft sehr wider-

standsfähig, in der Wärme geschmeidig und formbar.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Faktisse sind sehr verschieden und können daher nur im allgemeinen gekennzeichnet werden.

Chemische Natur: Faktis sind chemische Verbindungen von Pflanzen- oder tierischen Ölen (= Glyzeride ungesättigter Fettsäuren) mit Schwefel bzw. Schwefelchlorür. Weißer Faktis ist ein Additionsprodukt der in fetten Ölen (Rüböl) befindlichen ungesättigten Säuren mit Chlorschwefel (Schwefelgehalt 6—8% und äquivalente Mengen Chlor).

Brauner Faktis ist eine additionelle Verbindung ungesättigter Glyzeride mit Schwefel (Schwefelgehalt 7—20%).

Weiße Faktis werden vielfach noch mit öllöslichen organischen Farbstoffen gefärbt und mit Kalk oder Magnesia versetzt, um die beim Lagern oder Erhitzen auftretende Salzsäure abzustumpfen.

Braune Faktis werden vielfach mit Zeresin, Paraffin, Harz, Asphalt und Teeröl gemischt.

Der chemische Vorgang bei der Entstehung der Faktis ist noch nicht völlig aufgeklärt.[1]) Nach Ulzer und Weber lagert sich der Chlorschwefel an die Doppelbindung der Fettsäure analog der Reaktion zwischen Äthylen und Chlorschwefel an, indem zwei Molekule des ersteren zusammentreten. Beim braunen Faktis lagert sich der größte Teil des Schwefels unter Verkettung zweier Molekule an die Doppelbindungen der Fettsäure an. Die erheblichen Wärmemengen welche bei diesem Vorgang auftreten, und die starke Verdickung, welche die Öle erleiden, lassen vermuten, daß sich noch eine viel größere Zahl Molekule polymerisiert.

Das große Molekul würde auch die kolloiden Eigenschaften der Faktis erklären, welche ein Hauptgrund für die Gleichmäßigkeit der Mischungen dieses Körpers mit Kautschuk sind.

Physikalische Eigenschaften: Weißer Faktis ist im ungemahlenen Zustande eine durchsichtige Gallerte oder schwammige Masse, welche sich schon zwischen den Fingern zu einer weißen, krümeligen Masse zerreiben läßt.

Brauner Faktis bildet braune bis schwarze massive, elastische Platten oder Stücke, welche leicht zerreiblich oder von klebriger Beschaffenheit sind.

Der Aggregatzustand ist, wie beim Kautschuk, als Mittelding zwischen dem festen und flüssigen Zustand aufzufassen.

Beim Erhitzen auf 150° ist beim weißen Faktis keine äußerliche Veränderung wahrzunehmen, jedoch wird Chlorwasserstoff abgespalten. Beim Erhitzen auf 180° beginnt die Masse zu schmelzen, unter weiterer Abspaltung von Salzsäure und vollkommener Zersetzung. Brauner Faktis ist gegen Hitze viel beständiger als weißer. Im reinen Zustand verträgt er Temperaturen bis zu 240°.

Das spez. Gewicht des weißen Faktis schwankt mit dem als Ausgangsmaterial verwendeten Öl und der zugesetzten Menge Chlorschwefel. Es beträgt 1,022—1,067. Das spez. Gewicht des braunen Faktis mit etwa 17% Schwefel beträgt 1,021. Die schwimmenden Qualitäten enthalten, wie erwähnt, Mineralöl, Zeresin usw., wodurch das spez. Gewicht herabgedrückt wird.

Faktis hat eine sehr hohe Druckelastizität, bietet aber fast gar keinen Widerstand gegen Zug. Die anscheinend größere Elastizität der schwammförmigen Faktismasse besteht nur solange, wie die schwammförmigen Flocken bestehen. Bei der Verarbeitung auf der Walze schwindet die durch die Form bedingte Elastizität und es bleibt nur die dem Material innewohnende Elastizität übrig. Beim Erhitzen von weißem Faktis auf 180°, von braunem Faktis auf 240° geht die Masse in den flüssigen Zustand über und die Elastizität geht verloren.

Die Haftfestigkeit ist beim weißen Faktis sehr gering, braune Faktissorten sind oft sehr klebrig.

Die Chlorschwefelfaktisse haben, soweit sie nicht gefärbt sind, im unzerkleinerten Zustande die Farbe des Öles, aus dem sie hergestellt sind (bei Rüböl bernsteingelb); gemahlen oder auch in schwammiger Form erscheinen sie weiß. Schwefelfaktisse sind stets braun bis schwarz. Das Verhalten von Faktiskautschukgemischen gegen den elektrischen Strom hat Axelrod geprüft. Bei den Versuchen zeigte die verwendete Faktissorte eine verhältnismäßig hohe Durchschlagsfestigkeit.

Chemisches Verhalten: Nach den Untersuchungen von Ditmar und Dinglinger ist die Oxydationsfähigkeit von Faktis geringer als die des Kautschuks. Sauerstoff wird von guten Faktissorten nur sehr wenig aufgenommen. Faktis ist in Wasser und bei vollständiger Absättigung mit Schwefel oder mit Schwefelchlorür in organischen Lösungsmitteln nicht unzersetzt löslich; beim Behandeln mit Kautschuklösungsmitteln findet nur eine Quellung statt. Verdünnte Säuren sind ohne jede Wirkung auf Faktis selbst in der Wärme. Durch hochgespannten Wasserdampf und alkoholisches Alkali wird Faktis verseift. Beim weißen Faktis

wird bei diesem Vorgang Salzsäure abgespalten, während der gesamte Schwefel an die Fettsäure gebunden bleibt. Beim braunen Faktis findet beim Behandeln mit Ätzkali eine analoge Abspaltung von Schwefelwasserstoff nur im geringen Maße statt, die Hauptmenge des Schwefels verbleibt in ihrer Stellung und verkettet zwei Fettsäuremolekule. Die Doppelbindungen sind im weißen und braunen Faktis zum Teil nicht vollkommen abgesättigt; aus diesem Grunde besitzt Faktis ein starkes Jodadditionsvermögen.

Materialprüfung:[3]) Faktis muß frei von Säure sein, darf nicht schmieren und nicht nachoxydieren. Ungenügend geschwefelte Produkte oder solche, welche aus schlecht gekochten Ölen durch spätere Schwefelung gemacht worden sind, dürfen nicht verwendet werden. Guter Faktis soll nach Frank und Marckwald[4]) möglichst keinen freien Schwefel enthalten, höchstens 3% Aschegehalt haben und nicht zu große Mengen Mineralöl enthalten.

Ob weißer oder brauner Faktis vorliegt, läßt sich durch eine Vorprobe auf Chlor nachweisen. Die Prüfung auf Chlor wird ausgeführt, indem man die Substanz mit der gleichen Menge gebranntem Kalk mischt, in ein einseitig zugeschmolzenes Röhrchen füllt und dieses unter langsamem Steigern der Temperatur bis zum Glühen erhitzt. Das noch heiße Röhrchen wird hierauf durch Eintauchen in kaltes Wasser zersprengt, ausgelaugt, die Flüssigkeit filtriert und mit Salpetersäure angesäuert. Ein auf Zusatz von Silbernitrat ausfallender Niederschlag zeigt Chlor an, woraus man auf die Anwesenheit von weißem Faktis mit Bestimmtheit schließen kann.

Um Faktis näher zu charakterisieren sind folgende Untersuchungen auszuführen:[5])

I. 2—4 g Faktis werden mit Azeton im Soxhlet bis zur Erschöpfung extrahiert. Beide Gruppen, d. h. sowohl der Extrakt wie der Extraktionsrückstand, werden für sich nach Spitz-Hönig zerlegt. In den Fettsäuren werden die gebundenen Schwefelmengen und ev. die Jodzahl bestimmt. Das Unverseifbare wird nach Möglichkeit identifiziert.

II. Die Bestimmung des Gesamtschwefels geschieht in bekannter Weise durch Oxydation mit Salpetersäure usw.

Will man Chlor und Schwefel bestimmen, so fügt man bei der Zersetzung der abgewogenen Proben im Schälchen oder Becherglas durch Salpetersäure gleich etwas Silbernitrat hinzu, wodurch die freiwerdende Salzsäure sogleich gebunden wird.

III. Die Aschenbestimmung wird in derselben Weise wie beim Kautschuk ausgeführt (s. d.).

IV. Die Bestimmung des Gesamtverseifbaren und Unverseifbaren im Ausgangsmaterial[6]) und etwaige Untersuchung der verseifbaren Anteile auf Schwefelgehalt, Brom-,[7]) Jod- und Verseifungszahl usw. (s. Fette und Öle II, A) ist für die Beurteilung von Faktis von großer Bedeutung.[8])[9])[10])[11])

Normalien für die Bewertung und Beurteilung von Faktis sind noch nicht aufgestellt. Folgende Prüfungen können aber als wichtige Erkennungsmittel zur Beurteilung und Bewertung von Faktissorten dienen; Faktis soll

a) 1 : 20 mit kaltem Wasser ausgeschüttelt, diesem allerhöchstens eine ganz minimale saure Reaktion gegen Kongopapier geben;

b) 1 : 20 mit 96%igem Alkohol ½ St. bei 50—60° digeriert, an dem Alkohol nur soviel Magnesium- oder Kaliumchlorid abgeben, daß die Chlorreaktion nach etwa einer Stunde höchstens eine schwach opaleszierende ist (die alkoholische Lösung soll, abgekühlt, filtriert und eingedampft einen Rückstand hinterlassen, dessen Menge auf Faktis berechnet, nicht über 0,4% beträgt);

c) trocken 1 St. auf 100° erhitzt sich nicht nennenswert verändern und keine Säuredämpfe abgeben (dies gilt hauptsächlich für trockenen, weißen Faktis; brauner Faktis muß Temperaturen von 200° aushalten, ohne schmierig zu werden);

d) im Schließrohr eingeschlossen und je nach Art 1—4 St. auf 150° erwärmt nach dem Abkühlen beim Öffnen des Rohres keinen Druck und keine freien Säuredämpfe zeigen. — Die Auslegung der Untersuchungsergebnisse ergibt sich direkt aus dem Befund.

Für die Prüfung der Elastizität[12]) von Faktis hat Ditmar[13]) einen Apparat angegeben. Seidl empfiehlt eine Mustermischung zu vulkanisieren und die erhaltene Probe mit einer gleich zusammengesetzten, die aber unter Benutzung der bisher verwendeten Faktissorte hergestellt wurde, auf Elastizität und Reißfestigkeit zu prüfen und die Prüfungsergebnisse zu vergleichen (s. Kautschuk).

Technologisches:[14])[15])[16]) Bei Verwendung von Faktis ist zu berücksichtigen, daß nicht jede Faktissorte sich für alle möglichen Gummiwaren eignet. Die Fabriken haben für gewisse Zwecke bestimmte Sonderqualitäten eingeführt und man tut gut daran, sich stets mit den Faktisfabrikanten in Verbindung zu setzen, um die für die Verwendung am besten geeignete Sorte auszuwählen. In der heißen Vulkanisation

finden z. B. für Quetschwalzen, Wasserschläuche und ähnliche Artikel andere Arten Anwendung, als für Radiergummi und Gasschläuche, und wieder andere für gummierte Stoffe und solche Mischungen, welche viel Mineralstoffe aufnehmen sollen. Für Patentgummi werden Sorten verwendet, die vorgeschwefelt und mit Chlorschwefel fertig gemacht werden. Gummimischungen, welche Bleioxyd enthalten, dürfen nicht mit weißen Faktis hergestellt werden. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß braune Faktis für Mischungen, die heiß vulkanisiert werden, zu verwenden sind und weiße Faktis für kalt zu vulkanisierende Kautschukwaren. Das Chlor im weißen Faktis ist sehr labil und wird bei höheren Temperaturen unter Salzsäurebildung abgespalten. Es gibt aber auch weiße Faktissorten, die hitzebeständig sind und sich ebenso wie brauner Faktis bei längerem Lagern nicht verändern. Die weißen Faktissorten dürfen nicht als Zusatzmittel für Gummiwaren verwendet werden, welche in die Tropen gehen sollen, ebensowenig sollte man Paraband für Isolierzwecke und Kabelisolierungen mit weißem Faktis herstellen. Ein Zusatz von braunem Faktis ist für Kabelmischungen[17]) als vorzügliches Verdünnungsmittel sehr zu empfehlen. Durch den Faktiszusatz wird die Mikroporosität der Kautschukwaren aufgehoben. Bei Kabelmischungen ist noch zu beachten, daß das Verhältnis von Faktis zu Kautschuk 50 zu 100 nicht übersteigt, da sonst die physikalischen Eigenschaften der Mischungen ungünstig beeinflußt werden. Brauner Faktis darf für kaltvulkanisierte Kautschukwaren nicht verwendet werden.

Außer zur Herstellung von Kautschukartikeln wird Faktis auch als elastisches Polster an Stelle von Roßhaar, Autoschläuchen und in Bruchbändern verwendet. Ferner werden Radiergummi und Schwämme aus Faktis hergestellt.

Warenkunde und Volkswirtschaftliches: Faktis haben erst in den letzten 20 Jahren als Zusatzstoffe zu Kautschukmischungen größere Verwendung gefunden. Während große Kautschukfabriken sich ihren Bedarf an Faktis selbst anfertigen, beziehen kleine Fabriken von Spezialfirmen, welche verschiedene Sorten führen. Der Kauf von Faktis ist eine Vertrauenssache, da die verwendeten Öle nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden können. Die Preise der Faktis sind von den Marktpreisen der als Rohmaterial verwendeten Öle abhängig. Weiße Faktissorten kommen als schwammige oder krümelige Massen, braune Faktis in elastischen Tafeln oder Stücken, in Holzfässer oder Kisten verpackt, in den Handel. Die bekanntesten deutschen Faktisfabriken sind Dr. Alexander & Posnansky in Köpenick bei Berlin und die Deutsche Ölfabrik in Hamburg.

Kurze Zusammenfassung der technischen Vorzüge und Mängel des Werkstoffes: Die Elastizität, Geschmeidigkeit und Säurebeständigkeit der Faktis sind Eigenschaften, die anderen organischen Kautschukzusatzmitteln nicht zukommen. Ein Nachteil des Werkstoffes ist die geringe Widerstandsfähigkeit gegen Zug.

Literatur.

Die Literatur über Faktis ist nicht sehr umfangreich. Die kurzen Angaben darüber mußten oft wörtlich übernommen werden.

Alexander u. Posnansky, Faktis, Berlin 1908.

Marzahn, Materialienkunde für den Kautschuktechniker, 124—129, Dresden 1906.

K. Gottlob, Technologie über Kautschukwaren, 75—78, Braunschweig 1915.

J. Bersch, Kautschuksurrogate, 377—387, Wien-Leipzig 1904.

Caspari, India-Rubber Laboratory Practice, 39—47, London 1914.

Seidl, Jahrbuch der Kautschuk-Industrie, 75—98, Berlin 1911.

H. C. Pearson, Crude Rubber and Comp. ingredients 87—89, London-New York 1899.

W. Esch, Der Gummitechniker, 138—141, Hamburg 1910.

A. Hutin, Die Faktisse des Kautschuks, Le Cautschouc et la Guttapercha, 9572 bis 75, Paris 1918.

Besondere Hinweise:

1. R. Ditmar, Gummi-Ztg. **28, 27,** 1032 bis 1034, **28,** 1074—1077 (1914).
2. Gummi-Zeitung, **17, 46,** 991 (1903)
3. Seidl, Jahrbuch der Kautschuk-Industrie 96—98 (1911).
4. Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 631, Berlin 1911.
5. Frank u. Marckwald in Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 847—850, Berlin 1911.
6. M. Valery, Ref. Gummi-Zeitung **27, 34,** 1388 (1913)
7. W. Vaubel, Gummi-Zeitung **27, 31,** 1254—1255 (1913).
8. Dinglinger, Gummi-Zeitung **21, 12,** 1101 (1907), Chem. Ztg. **31,** 736 (1907).
9. Marckwald, Chem. Ztg. **31,** 818 (1907).
10. Ditmar, Chem. Ztg. **31,** 818 (1907).
11. Höhn, Gummi-Ztg. **21, 51,** 1259 (1907).
12. Hinrichsen u. Memmler, Der Kautschuk und seine Prüfung 152—253, Berlin 1910.
13. R. Ditmar, Gummi-Ztg. **28, 26,** 998 bis 1000 (1914).
14. Gummi-Ztg. **17, 46,** 991 (1903).
15. Fr. Lange, Chemisch-technische Vorschriften, 602—607, Leipzig 1916.
16. R. Ditmar, Mischungsbuch 28—32, Leipzig 1917.
17. Gummi-Ztg. **20, 42,** 1052—1053 (1906).

G. H. Hinlen.

Fahluner Diamanten s. Zinn.
Falconnierstein s. Steine III, 15, b.
Fankhausine s. Fette II, F.
Färbelacke s. Farbstoffe I, 56.
Farblack s. Farbstoffe III.

Farbstoffe.

Übersicht:

	Seite
I. Mineralische, tierische und pflanzliche Farbstoffe . .	337
II. Farbstoffe für Tonwaren und Gläser	409
III. Teerfarbstoffe	412

I. Mineralische, tierische und pflanzliche Farbstoffe.

Allgemeines: Unter Farbstoffen versteht man die natürlich vorkommenden und die künstlich hergestellten Stoffe teils anorganischer, teils organischer Natur, die zum Färben benutzt werden. Dieses kann in zweifacher Weise erfolgen, indem der Farbstoff einen Gegenstand durchdringt, wie viele Textilfarbstoffe und Holzbeizen, oder indem der Farbstoff auf der Oberfläche eines Gegenstandes angebracht wird, wie die Anstrich- und Druckfarben.

Die Anstrichfarben oder Tünchen werden in zwei Hauptklassen eingeteilt: Deckfarben und Lasurfarben.

Unter Deckfarben versteht man solche, die den Untergrund schon bei verhältnismäßig dünnem Auftrage vollständig verdecken, während Lasurfarben den Untergrund auch noch durch dickere Schichten deutlich erkennen lassen.

Nach der Farben-Zeitung, Berlin 1907/08, versteht man unter der Deckkraft einer Farbe die Fähigkeit, beim Aufstrich auf eine gefärbte Unterlage deren Farbe bei relativ dünnem Auftrage zu verdecken; sie wird durch Aufstriche bestimmt: Man mischt gleiche Gewichtsmengen der zu prüfenden Farben mit kleinen gleichen Gewichtsmengen eines bunten oder schwarzen Farbstoffes, bei dunkeln oder schwarzen Farben eines weißen. Die Mischungen werden mit gleichen Gewichtsmengen Öl angerieben und dann Aufstriche hergestellt, welche man vergleicht.

Da Deckkraft und Ausgiebigkeit der Farbstoffe nahezu gleiche Begriffe sind, kann man die Deckkraft einer Farbe auch dadurch bestimmen, daß man gleiche Gewichtsmengen der zu prüfenden Farbe und eines normalen Vergleichsmusters in Öl zu streichfertiger Farbe anreibt und aufstreicht, wobei die Farbe als die besser deckende zu bezeichnen ist, mit der die größere Fläche bedeckt werden kann. Für die Ausgiebigkeit (Mischkraft) ist die Korngröße von wesentlicher Bedeutung (normalerweise 0,00025—0,001 mm).

Nächst der Deckkraft und Ausgiebigkeit kommt es bei den zum Anstrich benutzten Farben auch namentlich auf ihr Verhalten im Anstrich gegen äußere chemische und physikalische Einflüsse an, namentlich also, ob sie licht echt, dann weiter, ob sie öl-, sprit-, wasserecht sind u. a. m.

Abgesehen von den Teerfarbstoffen, von denen ein großer Teil nicht lichtecht ist, gibt es auch mineralische Farben, die durch Lichteinwirkung leiden; die bekanntesten sind wohl Bleiweiß und Lithopone, ersteres ist namentlich in Innenräumen, letzteres in Außenanstrichen nicht genügend lichtecht.

Zur Bestimmung der Lichtechtheit verfährt man am besten in der Weise, daß man Anstriche herstellt, die man kürzere oder längere Zeit dem Sonnenlicht aussetzt und dann mit frisch hergestellten oder im Dunkeln aufbewahrten Anstrichen, zu denen natürlich dasselbe Bindemittel Verwendung finden muß, nach dem Auftrocknen vergleicht.

Für die lichtechten Lithopone ist vorgeschlagen worden, die Bestimmung in der Weise vorzunehmen, daß man ein Reagenzglas bis zu einem Drittel mit dem zu prüfenden Farbkörper, dann mit destilliertem Wasser bis zu zwei Dritteln füllt, gut durchschüttelt, verkorkt und dann dem Tages- oder Sonnenlicht ausgesetzt ruhig stehen läßt. Bei nicht lichtechten Lithoponen ist die dem Lichte zugewandte Seite bereits nach 48 Stunden deutlich braun, was sich beim Drehen des Reagenzglases besonders scharf zu erkennen gibt.

In ähnlicher Weise kann man auch die Öl-, Sprit- und Wasserechtheit der Farbstoffe bestimmen. Wegen der Ölechtheit sei hier noch bemerkt, daß einige Farben in Öl löslich sind, doch darf hierunter nicht die allmähliche Einwirkung des Farbkörpers auf das Öl unter Bildung chemischer Verbindungen verstanden werden. Alle bleihaltigen Farben, wie namentlich Bleiweiß, Bleiglätte, Bleigelb verbinden sich mit der Zeit im Ölanstrich zu ölsaurem Blei, indem ein Teil des Bleies einen Teil des Öles verseift, so daß eine Bleiseife gebildet wird. Dies ist jedoch keine eigentliche Auflösung des Bleis in Leinöl. Im übrigen sei hier auf das bei der Abhandlung der betr. Farbstoffe Gesagte verwiesen. H. Amsel.

Näheres über die Echtheitsbestimmungen findet man in den am Schluß des Ab-

schnitts aufgezählten Lehr- und Handbüchern. Neueres hierüber s. auch Krais, Z. f. angew. Chem. 1912, 2193, 1913, 74; 1917, 289, 293, 298, 303.

Die Feststellung des Farbtons erfolgt ebenfalls durch Herstellung eines Aufstrichs, der mit dem Aufstrich einer Stammprobe verglichen wird. Hier wählt man bei hellen und weißen Farben einen schwarzen, bei dunklen und schwarzen Farben einen weißen Untergrund. Die bei einer Anzahl von Farbstoffen angegebenen Farbtonbezeichnungen sind Kennzahlen von Wilh. Ostwald (s. dessen Farbenfibel, Leipzig 1917, Farbenlehre, Leipzig 1918 und Farbatlas, Leipzig 1918—19). Hg.

Die Kennzahlen der wichtigsten Farbstoffe: Die Farbe eines jeden Farbstoffes wird eindeutig bezeichnet, wenn man den Farbton, den Weißgehalt und den Schwarzgehalt angibt. Die Farbtöne sind von Schwefelgelb über Rot, Blau, Grün mit den Zahlen 00—99 beziffert; Zinnober hat demgemäß rund 25, Ultramarin 50, Preußischblau 56, Chromoxyd feurig 83. Weiß und Schwarz werden in Hundertsteln angegeben und ihre Werte liegen deshalb gleichfalls zwischen 00 und 99. Stellt man Farbton, Weiß- und Schwarzgehalt mit je 2 Ziffern in dieser Reihenfolge zusammen, so entsteht die Kennzahl der Farbe.

So hat z. B. bestes Schweinfurtergrün die Kennzahl 85.03.50. Es hat den Farbton 85 (etwas gelblicher als Chromoxyd), den sehr kleinen Weißgehalt 03 und den Schwarzgehalt 50. Die letzte Zahl mag Verwunderung erwecken, da sie aussagt, daß in der glänzend grünen Farbe des Schweinfurtergrüns 50 v. H., also die volle Hälfte Schwarz enthalten ist. Nun enthalten aber alle kalten Farben, also auch Grün, mindestens ⅓ Schwarz, das zum Wesen der kalten Farben gehört. Ferner aber werden die ersten Anteile Schwarz sehr wenig empfunden, denn ein Grau mit 50 v. H. Schwarz ist ein sehr helles Grau, das man nur eben grau und nicht mehr weiß nennt.

Um diesen Umstand, daß Schwarz wenig, Weiß dagegen sehr stark empfunden wird, zum anschaulichen Ausdruck zu bringen, sind neben den Kennzahlen die Farbenzeichen eingeführt worden, welche gleiche Stufen für die Empfindung zum Ausdruck bringen. Diese bestehen aus einer zweizifferigen Zahl und zwei Buchstaben. Die erste drückt den Farbton aus, ganz wie bei den Kennzahlen. Die beiden Buchstaben stellen den Weiß- und Schwarzgehalt in empfindungsmäßig gleichen Stufen dar. Dabei bedeutet für Weiß a den größten, z den kleinsten Wert, für Schwarz umgekehrt a den kleinsten, z den größten Wert. Demgemäß handelt es sich um eine helle und klare Farbe, wenn die beiden Buchstaben am Anfang des ABC liegen und um eine dunkle und trübe im anderen Falle. Ein Farbstoff sieht allgemein um so „reiner" aus, je weiter die beiden Buchstaben voneinander entfernt sind und umgekehrt.

Das vorher erwähnte Schweinfurtergrün hat das Farbzeichen 85qa. Hier läßt der erste Buchstabe q erkennen, daß der Weißgehalt sehr gering ist und der zweite Buchstabe a drückt aus, daß auch der Schwarzgehalt so klein ist, als der Farbton gestattet. Beide Buchstaben sind sehr weit entfernt; die Schönfarbigkeit dieses Farbstoffes kommt also im Farbzeichen unmittelbar zum Ausdruck.

Die nachfolgenden Kennzahlen und Farbzeichen der wichtigsten anorganischen Farbstoffe beziehen sich auf die Farben, welche die unvermischten, pulverförmigen Farbstoffe zeigen. Zur Untersuchung wurden die Pulver mit dem Finger auf Pyramidenkornpapier III verrieben, wobei Deckung eintritt, wenn das Pulver feinkörnig genug ist. Gröbere Pulver, wie Chromrot, Schweinfurtergrün, Smalte usw. wurden wie folgt aufgetragen: Das Papier wurde zunächst mit Gummilösung bestrichen, das Farbstoffpulver sehr reichlich darauf geschüttet und angedrückt. Nach dem Trocknen wurde das überschüssige Pulver abgeklopft; der Überzug hatte dann in seiner Oberfläche das Aussehen des trockenen Farbpulvers.

Die im trockenen Zustande beobachteten Kennzahlen sind die „höchsten", welche der Farsbtoff zeigen kann, d. h. sie geben den höchsten Weiß- und geringsten Schwarzgehalt unter allen Erscheinungsformen des Farbstoffes. Jedes Bindemittel „vertieft" die Farbe, indem der Weißgehalt ab-, der Schwarzgehalt zunimmt. Um eine Anschauung von der Größe dieser Wirkung zu geben, seien einige typische Beispiele mitgeteilt, die den Einfluß des Ölbindemittels, welcher der größte von allen ist, erkennen lassen.

Die optische Wirkung des Bindemittels besteht bekanntlich darin, daß es die Lichtwege in den Farbstoffkörnchen verlängert, indem es den Grenzwinkel der vollkommenen Spiegelung (totalen Reflexion) herabsetzt. Sie ist also gleichwertig einer Vergrößerung des Korns und einer entsprechenden Steigerung der Schluckung (Absorption). Dies bewirkt erstens eine Verschiebung des Farbtons im Farbkreise meist nach dem Punkt 38

Kennzahlen und Farbzeichen:

	Kennzahlen	Farbzeichen
	Trocken	
Chromgelb, dunkel	07.07.15	07 ma
Barytgelb	00.38.08	00 ea
Kobaltblau	54.07.38	54 ma
Roter Ocker	19.16.38	19 ie
Gebr. Terra de Siena	19.04.63	19 pe
	in Öl	
Chromgelb, dunkel	08.01.35	08 ub
Barytgelb	01.25.20	01 ga
Kobaltblau	52.01.85	52 uc
Roter Ocker	22.01.78	22 ug
Gebr. Terra de Siena	22.01.91	22 ul

(die rechtwinklig zu diesem, also bei 63 und 13 am größten ist), zweitens eine Verminderung des Weißgehalts und drittens eine Vermehrung des Schwarzgehaltes. Alle Beeinflussungen fallen um so beträchtlicher aus, je mehr sich die Lichtbrechung des Farbstoffes der des Bindemittels nähert. Die Zahlen der Tabelle ergeben die auffälligste Wirkung im Weißgehalt. Hier sind bei fast allen Farbstoffen, deren ursprünglichen Werte zwischen 16 und 04 liegen, auf 01 heruntergegangen, d. h. die Farben haben sich den dunkelklaren sehr genähert. Es ist dies ein quantitativer Beleg für die alte Malererfahrung, daß man in Öl die „tiefsten" Farben erzielen kann.

Eine Ausnahme bildet das Barytgelb (gelbes Ultramarin), dessen geringe Farbwirkung (38 Weiß = e im trockenen Zustande!) auch durch Öl nur mäßig, auf 25 = g, vermindert wird. Die Vertiefung würde mehr austragen, wenn nicht ein ziemlich hoher Wert der Lichtbrechung einen stärkeren Einfluß verhinderte. Beim roten Ocker, dessen Brechung gering ist, findet demgemäß auch eine sehr starke Vertiefung (von 16 bis 01 Weiß oder von i bis u) statt.

Der gleiche Unterschied macht sich beim Schwarzgehalt geltend, der durch das Öl stets vermehrt wird, entsprechend der optischen Wirkung des verlängerten Lichtweges. Während aber diese Vermehrung bei dem stark brechenden Chromgelb und Barytgelb gering ist (15 auf 35 und 08 auf 20 oder von a auf b), ist sie bei den schwach brechenden Ocker und Siena groß, 38 auf 78 und 63 auf 91 oder e auf g und e auf l. Das gleiche gilt für Kobaltblau. Ist der Farbstoff dazu von vornherein weißarm, wie Ultramarin, so sieht er in Öl ganz schwarz aus.

Auch die Beeinflussungen des Farbtons zeigen die erwarteten Verhältnisse. Durch die Verschiebung werden die Nummern der warmen Farbtöne zwischen 88 über 00 bis 38 höher, die der anderen Hälfte, der kalten, tiefer. Beides bestätigt sich aus den Zahlen.

Gelbe Farbstoffe, Farbton 00 bis 12.

	Kennzahlen	Farbzeichen
Barytgelb	00.38.08	00 ea
Strontiumgelb	00.25.10	00 ga
Zinkgelb	01.15.12	01 ia
Kadmium 1	03.08.10	03 la
Schüttgelb	05.06.60	05 ne
Chromgelb, citr.	05.06.15	05 na
Gummigutt, starker Auftrag	06.04.17	06 pa
Neapelgelb 1	06.25.15	06 ga
Chromgelb N 3	07.07.15	07 ma
Indischgelb	08.05.19	08 oa
Chromocker, hell	08.11.32	08 kb
Goldocker, hell	09.16.35	09 ib
Terra de Siena N	10.10.45	10 lc
Kadmium, dunkel	11.06.10	11 na
Kadmium N 7	12.05.13	12 oa
Goldocker, dunkel	12.12.37	12 kc
Umbra, grünlich	09.05.90	09 ol
Bleiglätte	10.18.30	10 hb
Umbra, schwärzlich	11.03.92	11 qm

Im einzelnen ist zu diesen Werten folgendes zu bemerken, wobei ausschließlich die Farbzeichen benutzt werden, da sie viel anschaulichere Auskunft geben, als die Kennzahlen.

Barytgelb erweist sich als ein sehr blasser Farbstoff, der nur bis zur weißen Stufe e gelangt. Strontiumgelb stellt eine erhebliche Verbesserung, bis g, dar. steht aber noch hinter den anderen gelben Farbstoffen zurück. Auch Zinkgelb mit i reicht nur etwas weiter. Es zeigt sich indessen auch sonst, z. B. bei Gewebfärbungen, daß bei den schwefelgelben Farben um 00 nur schwer einige „Tiefe", d. h. Weißfreiheit zu erreichen ist. So hat hellgelbes Kadmium nur l, während dunkles n und o hat. Den blassen gelben Farbstoffen schließt sich Neapelgelb mit g und Bleiglätte mit h an.

Nahe den Kadmiumgelben stehen die Chromgelbe; das hellste, das zudem verschnitten ist, hat n, mittleres m, dunkles (siehe die folgende Tabelle) hat o.

Alle reingelben Farbstoffe haben das Schwarzzeichen a, während die trüben ein tieferes aufweisen. So hat heller Goldocker und Chromocker b, dunkler Goldocker c. Ist der Schwarzgehalt erheblich, so nennen wir die Farbe braun. So Umbra mit l und m Schwarz.

Kresse (orange) Farbstoffe, Farbton 13—24.

	Kennzahlen	Farbzeichen
Chromgelb 5 B . . .	13.05.13	13 oa
Terra de Siena . . .	13.04.66	13 pe
Kasselerbraun . . .	13.04.94	13 pn
Manganbraun	13.02.91	13 sl
Chromocker, dunkel .	14.04.35	14 pb
Antimonorange . . .	17.03.30	17 qb
Umbra, rötlich . . .	18.02.88	18 sk
Ocker, gebrannt N 9	19.16.38	19 ic
Terra de Siena gebrannt	19.04.63	19 pe
Mennige	20.06.15	20 na
Englischrot	20.08.48	20 mc
Venetianischrot . . .	20.05.38	20 od
Antimonzinnober . .	21.04.39	21 pc
Caput mortum 1 . .	21.05.70	21 of
Caput mortum dunkel	21.05.77	21 og
Kadmiumrot	21.13.24	21 ib
Zinnober 00	22.07.15	22 ma
Zinnober 4	24.07.27	24 mb
Chromrot	24.01.46	24 vc

Die letzte Bemerkung über braune Farbstoffe gilt auch für Kreß, wo wir z. B. Kasseler Braun und Manganbraun vorfinden. Letzteres ist die „reichere" Farbe von beiden, was sich in dem größeren Abstand der Buchstaben (pn = 2, sk = 8) ausspricht. Die hellrotbraunen Farben, wie gebrannter Ocker und gebrannte Terra de Siena haben viel kleineren Schwarzgehalt, c und e.

Die Eisenoxydfarben liegen im Farbton nahe beisammen, zwischen 19 (gebr. Ocker) und 23 (Indischrot); 21 ist der mittlere Wert. Alle haben merklich Schwarz, von c bis i, um so mehr, je dunkler sie sind.

Die helleren Sorten Zinnober liegen noch im Kreß; hellster 00 bei 22, mittlerer bei 24. Sehr bemerkenswert ist Chromrot, das ohne Bindemittel den sehr tiefen Weißwert v aufweist.

Rote Farbstoffe, Farbton 25—37.

	Kennzahlen	Farbzeichen
Zinnober 6	25.06.30	25 nb
Karmin Naccarat . .	26.01.48	26 vc
Alizarinlack 4	26.01.56	26 td
Krapplack 00	26.01.55	26 td
Krapprosa 1	27.06.34	27 nb
Karminlack 7½ . . .	28.01.56	28 td
Ultramarinrot N 16 .	36.17.50	36 hd

Der Beginn des roten Gebietes, Farbton 25, wird durch den dunkelsten Zinnober 6 gekennzeichnet. Im übrigen ist hier das Gebiet der organischen Farbstoffe Krapp und Karmin, für die es mineralische Äquivalente nicht gibt. Die Lacke dieser Farbstoffe weisen sehr geringes Weiß, o bis v auf. Wo der Weißgehalt (wohl durch Vermehrung des weißen Trägers) größer wird, tritt die Bezeichnung „rosa" auf. Im übrigen liegen die Farbtöne eng beieinander, 26 bis 28. Die Farben sind keineswegs ideal klar, sie haben nie den Schwarzwert a[1]), sondern b bis d.

Ultramarinrot, das mit dem Farbton 36 an der Grenze der roten Farben steht, erweist sich auch nach den Messungen als ein wenig klarer Farbstoff von großem Weißgehalt mit viel Schwarz, hd.

Veile (violette) Farbstoffe.

	Kennzahlen	Farbzeichen
Ultramarinviolett 17 .	41.34.51	41 ed
Manganviolett . . .	42.10.62	42 lc
Kobaltviolett	42.03.69	42 qb
Ultramarinviolett 20 .	44.22.53	44 gd
Ultramarinviolett 21 .	45.11.67	45 ke
Ultramarinviolett 19 .	48.10.60	48 le
Ultramarinblau N 5 .	48.02.60	48 sa
Ultramarinblau N 2 .	49.01.62	49 ua

Veile mineralische Farbstoffe gibt es nur wenig. Die Ultramarinviolette erweisen sich unter dem Mikroskop als bloße Gemenge von Ultramarinrot und -blau. Die geringe Farbtiefe des ersten wird um so mehr verbessert, je größer der Anteil Blau wird. Dabei hält sich das Schwarz fast unverändert auf d und e, während das Weiß stark abnimmt. Gewisse Sorten von reinem Ultramarinblau, die gröberes Korn haben (N 5 der obigen Tabelle) liegen noch im letzten Veil, Farbton 48, während durch feinere Mahlung 50 und mehr erreicht wird, entsprechend dem S. 338 Gesagten.

Manganviolett und Kobaltviolett kommen an Farbreinheit den nicht lichtechten organischen Farben nahe, Kobaltviolett ist noch reiner und tiefer als Manganviolett, die Tiefe ist aber durch ein ziemlich grobes Korn erkauft, das wegen der geringen Ausgiebigkeit notwendig ist.

Da die Zahl der blauen Farbstoffe nicht groß ist, werden die ublauen und die eisblauen zusammen behandelt. Die schöne Farbe der Smalte, 50 qa, wird nur durch verhältnismäßig grobe Körnung und sorgfältige Entfernung aller feineren Körnchen (vermutlich durch Schlämmen) erreicht. Nahe liegen die gewöhnlichen Ultramarine, die entsprechend ihrer viel stärkeren Schluckung viel feineres Korn haben dürfen. Ihr Farbton geht bis 54 und trifft dort mit dem des Kobalt (Kobaltaluminat) zusammen. Durch Bei-

[1]) Dieser Wert findet sich bei Eosinlacken.

Blaue Farbstoffe, Farbton 50—74.

	Kennzahlen	Farbzeichen
Smalte	50.03.61	50 qa
Ultramarin N 12	50.04.44	50 pa
Ultramarin N 15	54.06.53	54 na
Kobaltblau 2	54.07.38	54 ma
Indigo konz. auf Kreide	50.02.94	50 sg
Indigo verd. auf Kreide	57.14.73	57 ic
Bergblau	56.10.57	56 lc
Preußischblau 10 v. H. auf Lithopon	57.10.65	57 ld
Kobaltblau 7	59.08.60	59 mc
Kalkgrün	62.10.85	62 li
Ultramaringrün 22	64.05.82	64 of
Ultramaringrün 23	70.09.75	70 le

mischung von Zinndioxyd wird dieses grünlicher gemacht. So hat die mit N 7 bezeichnete Sorte den Farbton 59 (Kobaltgrün hat 85); gleichzeitig nimmt das Schwarz etwas zu.

Indigo und Preußisch Blau sind im reinen Zustande schwarz, wenn man von der kupferroten Glanzfarbe absieht, die hier nicht in Betracht kommt. Zwei Verreibungen des ersten mit Kreide zeigen die starke Verschiebung des Farbtons durch Verdünnung von 50 bis 57. Die Farbe ist durchweg trübe; bei der ziemlich hellen Mischung ist noch Schwarz c vorhanden. Preußischblau ist auch nicht reinfarbiger.

Die Ultramaringrüne 22 und 23 sind unvollkommene Ultramarinblaue, bei denen die Umwandlung der zunächst entstehenden grünen, wenig farbtiefen Form in die blaue, farbtiefe nicht vollendet ist. Da der Farbton des grünen 80 ist, so können auf diesem Wege alle Farben zwischen 50 und 80 erreicht werden.

Grüne Farbstoffe, Farbton 75—99.

	Kennzahlen	Farbzeichen
Ultramaringrün 24	77.10.70	77 le
Ultramaringrün 25	80.15.65	80 ie
Chromoxyd, feurig.	83.02.78	83 sc
Permanentgrün dunkel	83.07.62	83 md
Permanentgrün hell	85.18.53	85 hc
Kobaltgrün	85.09.77	85 lg
Schweinfurtergrün	85.03.50	85 qa
Neuwiedergrün	86.20.40	86 hb
Chromoxyd deckend	90.06.80	90 ng
Zinkgrün A	88.12.65	88 ke
Zinkgrün C	93.13.30	93 ic
Grüne Erde	92.17.78	92 hg
Grüne Erde von Verona	94.30.60	94 fd

Ebenso wie bei den blauen Farbstoffen werden die beiden grünen Gruppen zusammen erörtert.

Ultramaringrün geht bis zum Farbton 80 unter gleichzeitiger Zunahme des Weiß bis i, während dunkelstes blauveiles Ultramarin Weiß s hat. Das „feurige" Chromoxyd, genauer Chromhydroxyd, ist ziemlich tief und reinfarbig, sc, während das deckende (wasserfreie) Oxyd weniger tief und viel trüber ist. Die Permanentgrüne (die nicht Mischungen des ersten mit Schwerspat, sondern gleichartige Massen sind) schließen sich jenem an und sind nur weniger tief.

Sehr bemerkenswert sind die beiden Farben Schweinfurter- und Neuwiedergrün Chemisch sind beide identisch; wie die mikroskopische Untersuchung auswies, ist auch das erste nicht verschnitten. Dennoch ist ihre farbige Erscheinung äußerst verschieden. Während das Neuwiedergrün blaß aussieht, entsprechend dem Weiß h (20 v. H.), glänzt das Schweinfurter in der Tiefe q mit nur 03 Weiß. Das Mikroskop läßt die Ursache dieses Unterschiedes erkennen. Während der erste Farbstoff aus Körnchen von sehr verschiedener Größe besteht, unter denen namentlich sehr kleine Trümmer zahlreich vorkommen, findet man im zweiten fast nur kristallinische, radial geordnete Kügelchen von übereinstimmender Größe, rund 0,015 mm. Man erkennt hieraus, daß der chromatische Wert eines Farbstoffes keineswegs allein durch seine chemische Reinheit bedingt ist, sondern in maßgebender Weise durch seine mechanische Beschaffenheit. Die chemische Analyse kann somit nur in unvollständiger Weise über den Wert der Farbstoffe Auskunft geben.

Grüne Erde erweist sich auch bei der Messung als ein sehr trüber und schwacher Farbstoff.

Zinkgrüne (und Zinnobergrün) sind Gemische aus Zinkgelb oder Chromgelb mit Preußischblau. Um eine möglichst reine Farbe zu erzielen, darf das Preußischblau nicht mechanisch zugemengt werden, sondern muß auf dem gelben Farbstoff entweder chemisch oder aus kolloider Lösung gefällt werden. Bei den von mir untersuchten Proben war dies der Fall. Je nach dem Anteil Blau kann man alle Farbtöne zwischen 57 und 99 erhalten; praktisch begnügt man sich mit Farben aus dem Gebiet des Laubgrün. So geht Zinkgrün von 88 bis 93.

Wilh. Ostwald.

Alabasterweiß s. 34.

1. Algarotpulver ist eine weiße Anstrichfarbe, die etwa die Zusammensetzung $SbCl_3.Sb_2O_3$ hat; es ist also Antimonoxychlorid; dies wird dargestellt durch Auflösen von Grauspießglanzerz in Salzsäure, wodurch Antimontrichlorid gebildet wird, und Behandeln der erhaltenen Lösung mit viel überschüssigem Wasser.

Es scheidet sich ein schweres, blendend weißes Pulver aus, das bis zur Entfernung aller Säure mit Wasser ausgewaschen werden kann.

Prüfung und Untersuchung: s. Antimonoxyd.

Verhalten: Das Algarotpulver wird durch Wasser allmählich zersetzt, es kann daher nur mit Leinöl verarbeitet werden und hat als weiße Anstrichfarbe nur eine ganz untergeordnete Bedeutung.

Alizarin s. 49.
Altenburgergelb s. 20.
Altonaergrün s. 51.
Aluminiumhydrat s. 87.
Amberger Erde s. 68.
Ambergelb s. 68.
Amerikanisches Gelb s. 20.
Amerikanisches Grün s. 21.
Amerikanisches Vermillon s. 25.
Amphibol s. 60.
Annalin s. 43.
Anhydrit s. 34.
Annotto s. 71.
Antimonblüte s. 1.
Antimongelb s. 66.
Antimonocker ist unreines Antimonoxyd (s. 3).

2. Antimonorange: Goldschwefel, Antimonpentasulfid (s. d. unter A). Chem. Zus.: Sb_2S_5.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Ist in Salzsäure, namentlich heißer, konzentrierter, leicht löslich. Wird von wäßrigen Alkalilösungen vollständig aufgenommen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Antimonorange darf nicht mit bleihaltigen Farben verarbeitet werden.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Antimonorange ist den Atmosphärilien gegenüber nicht widerstandsfähig genug, da es sich an feuchter Luft unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff zersetzt.

Hitzebeständigkeit: Antimonorange verwandelt sich beim Erhitzen an der Luft in weißes Antimonoxyd, dagegen kann es im Kohlensäurestrom auf 300° C erhitzt werden, ohne sich zu verändern.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Antimonorange bedarf mittlere Ölmengen.

Trockenfähigkeit: Antimonorange trocknet in Leinöl nur langsam.

Farbton nach Ostwald: 17.03.30—17gb.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Antimonorange zeigt sehr gute Deckkraft.

Verwendung: Als Aquarell- u. Leimfarbe gut verwendbar, ebenso als Öl- u. Lackfarbe gut geeignet. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und für die Mineralmalerei in Wasserglas ist Antimonorange nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Antimonorange ist sowohl Künstler-, als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoff für Antimonorange wird Chromorange mit Schwerspat verschnitten verwendet.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Antimonorange eignet sich sehr gut als Wasserfarbe zum Malen der Wände, zum Lackieren des Holzes und hat sich auch als Ölfarbe wohl bewährt. Der verhältnismäßig hohe Preis hat indessen seine allgemeine Einführung vereitelt.

Antimonoxychlorid s. 1.
Antimonrot s. 4.
Antimonschwarz hat keine maltechnischen Eigenschaften und findet nur zum Einschwärzen von Gipsfiguren und ähnlichen Gegenständen Verwendung.
Antimonsulfid s. 2.

3. Antimonweiß, Antimonoxyd, Antimontrioxyd, Spießglanzerz, Spießglanzblüte; lat. Stibium oxydatum album.

Chemische Zusammensetzung: Sb_2O_3. Antimonoxyd ist sowohl Natur- als auch Kunstprodukt.

Darstellung: Grauspießglanzerz wird in fein gepulvertem feuchten Zustande unter Luftzutritt einem gelinden Röstprozeß unterworfen. Antimonoxyd ist nicht giftig. Es ist gegen Schwefelwasserstoff unempfindlich. Konz. Salzsäure löst Antimonoxyd auf; auf Zusatz von viel Wasser entsteht ein weißer Niederschlag von Algarotpulver. In Salpetersäure ist Antimonoxyd unlöslich. Überschüssige heiße Kalilauge löst Antimonoxyd auf.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Antimonoxyd kann mit anderen Farben gemischt werden. Antimonoxyd wird vom Licht nicht verändert und ist an der Luft unveränderlich. Beim Erhitzen an der Luft oxydiert es sich zu einem höheren Oxydationsprodukt von der Formel Sb_2O_4 (Antimontetroxyd).

Öllöslichkeit: Antimonoxyd ist in Leinöl resp. Firnis unlöslich, bildet aber mit Leinöl allmählich beim Trocknen eine Antimonseife.

Trockenfähigkeit: Mit Leinöl trocknet Antimonoxyd ziemlich rasch, meist in ein bis drei Tagen.

Kalkechtheit: Antimonoxyd ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Antimonoxyd ist in Spiritus unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Antimonoxyds ist nicht besonders gut, da die Farbe, selbst noch so fein gepulvert, immer ein kristallinisches Pulver darstellt.

Prüfung und Untersuchung: Antimonoxyd wird von konz. Salzsäure gelöst, aus der Lösung fällt Schwefelwasserstoff orangerotes Antimonsulfid (s. d.); der Niederschlag ist in Ammoniumsulfid löslich. Auf Kohle vor dem Lötrohr erhitzt, hinterbleibt ein sprödes Metallkorn. Die quantitative Untersuchung und Bestimmung des Antimons erfolgt gravimetrisch am besten als Antimontrisulfid oder titrimetrisch nach Weller (Ann. d. Chem. u. Pharm. 213, S. 264) indem die in Antimonpentoxyd verwandelte Masse mit Jodkalium und konz. Salzsäure behandelt wird, wobei freies Jod entsteht.

Verwendung: Antimonoxyd findet nur in der Ölmalerei als Künstlerfarbe Anwendung.

4. Antimonzinnober (s. d. unter A).

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, von verdünnter Salzsäure wenig angegriffen, konz. Salzsäure löst ihn aber in der Wärme zu Antimonchlorid, Salpetersäure oxydiert ihn zu Antimonsäure und Schwefelsäure. Ammoniak und kohlensaure Alkalien üben auf Antimonzinnober nur geringe Wirkungen aus, kaustische Alkalien und Ätzkalk wirken dagegen sehr energisch auf ihn ein und zerstören die rote Farbe.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Antimonzinnober kann mit allen Farben, auch mit Bleiweiß, gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Antimonzinnober wird beim Erhitzen geschwärzt, bei höherer Temperatur schmilzt er und verwandelt sich in Mineral-Kermes.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Antimonzinnober bedarf mittlerer Ölmengen.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Antimonzinnobers in Leinöl ist sehr gut.

Farbton nach Ostwald: 21.04.39 — 21 pc.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Antimonzinnobers ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Antimonzinnober kann leicht von dem gewöhnlichen Zinnober durch Erhitzen unterschieden werden; während letzterer vollständig flüchtig ist, wird Antimonzinnober zwar auch zunächst schwarz, schmilzt dann aber und verflüchtigt sich nicht unzersetzt, sondern unter Abgabe eines weißen, geruchlosen Rauches von Antimonoxyd.

Verwendung: Für Aquarell- und Leimfarben geeignet. Kann sehr gut in Öl und Lack verarbeitet werden; bei guter Bereitung liefert er als Ölfarbe das reinste Rot, d. h. ein Rot, welches weder in Orange, noch in Rosa, noch in Karmoisin übergeht. Für Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und Wasserglasfarben nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Antimonzinnober ist sowohl als Künstler-, wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe zu verwenden.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Antimonzinnober dienen mit Teerfarbstoffen geschönte Erdfarben bzw. Schwerspat.

Kurze Zusammenstellung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Antimonzinnober ist immerhin nur eine wenig beständige Farbe, denn, wenn er auch licht- und luftbeständig ist, so stört doch seine Empfindlichkeit gegen verdünnte Säuren und noch mehr gegen Alkalien die Anwendung als Farbe recht bedeutend. Auch gegen Hitze ist er nicht beständig, sondern wird leicht geschwärzt. Andererseits gibt reiner Antimonzinnober mit reinem Leinölfirnis eine sehr gute Ölfarbe, welche wohl das reinste Rot liefert.

Antizinnober s. 25, 23.
Antwerpenerblau s. 7.
Apfelgrün s. 20 u. 53.
Arnaudongrün s. 24.
Arnotto s. 71.
Arsenrubin s. Arsensulfide unter A.
Arsensulfide s. d. unter A.
Attalo s. 68.
Attischer Ocker s. 68.
Aureolin s. 46.
Auripigment s. Arsensulfide unter A.
Azetylenschwarz s. 81 b.
Azurblau s. 54, 84, 89.
Baltimorgelb s. 20.
Bariumchromat s. 5.
Bariumsulfat s. 6.

5. Barytgelb: Bariumchromat, Zitrongelb, Permanentgelb, Gelber Ultramarin, Steinbichlergelb. Engl. Barium yellow.

Chemische Zusammensetzung: Barytgelb ist Bariumchromat $BaCrO_4$. Es ist ein Kunstprodukt und wird dargestellt, indem man eine Lösung von Chlorbarium mit neutralem Kalium- oder Natriumchromat in der Hitze fällt, wobei sich das Barytgelb als hellzitronenfarbiger oder schwefelfarbiger Niederschlag ausscheidet. Es kommt als Pulver in den Handel und wird hauptsächlich mit Schwerspat verschnitten bzw. verfälscht. Barytgelb ist schwach giftig, wird durch Schwefelwasserstoff nicht verändert, ist in Mineralsäuren mit gelber Farbe leicht löslich, in Essigsäure nahezu unlöslich. Barytgelb ist in Kalilauge unlöslich und unterscheidet sich dadurch wesentlich von Blei- und Zinkchromat (Chromgelb und Zinkgelb), die in Kalilauge leicht löslich sind.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Barytgelb darf nicht mit weißen Farben und mit Neapelgelb, Ultramarin und Kobaltfarben gemischt werden. Es ist von allen chromsauren Farben die lichtbeständigste, namentlich also beständiger als Chromgelb, wird aber bei längerer Belichtung etwas grünlich. Es wird von den Atmosphärilien nur wenig angegriffen. Barytgelb wird beim Erhitzen orange, jedoch beim Erkalten wieder gelb.

Öllöslichkeit: Barytgelb ist in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Barytgelb bedarf nur wenig Öl.

Trockenfähigkeit: Mit Leinöl angerieben, trocknet Barytgelb gut.

Farbton nach Ostwald: 00.38.08 — 00 ea.

Kalkechtheit: Barytgelb ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Barytgelb ist in Spiritus unlöslich, wird aber mit der Zeit grünlich.

Deckkraft: Barytgelb hat nur geringe Deckkraft und hat daher als Farbe im eigentlichen Sinne des Wortes nur wenig Wert.

Prüfung und Untersuchung: Barytgelb wird von Salzsäure vollständig ohne Aufbrausen gelöst; die gelbe Lösung, mit Spritus versetzt und erwärmt, färbt sich grün unter Bildung von Chromchlorid und Entwicklung des bekannten Aldehydgeruches. Aus dieser Lösung fällt Schwefelsäure weißes Baryumsulfat, das in Salzsäure unlöslich ist. Zusatz von Schwerspat würde sich sofort durch die Unlöslichkeit in Salzsäure zu erkennen geben. Die quantitative Untersuchung kann durch Behandeln mit Salzsäure erfolgen, indem das in Salzsäure Unlösliche abfiltriert und bestimmt wird, während in der Lösung nach der Reduktion mit Alkohol das Chrom als Chromoxyd und das Barium als Bariumsulfat zu ermitteln wäre.

Verwendung: Barytgelb ist für Aquarell- und Leimfarben geeignet, als Öl- bzw. Lackfarbe aber nicht, da die Anstriche leicht grün werden. Barytgelb ist zur Verwendung als Fresko-Kalk- resp. Kaseinfarbe nicht geeignet, ebenso nicht in der Mineralmalerei mit Wasserglas. Es kann sowohl als Künstler- wie als Dekorations- oder Anstrichfarbe Verwendung finden.

Barytgelb ist unter den gelben Chromfarben die beständigste, wird aber unter Umständen doch wohl, längere Zeit dem Licht ausgesetzt, grünlich. Es wird in der Öl- und Wasserfarbenmalerei verwendet, nicht aber in der Fresko-, Kalk-, Kasein- und Mineralmalerei. Seine Deckkraft ist nur gering, dagegen seine Trockenfähigkeit gut.

6. Barytweiß: gefälltes Bariumsulfat (s. d. unter B). Engl. Barium white; franz. Blanc fixe.

Verschnittsorten, Verfälschung: Verfälschungen des Barytweiß mit anderen Präparaten kommen wohl kaum vor. Die hauptsächlichste Verfälschung beruht darauf, daß man dem Barytweiß fein gemahlenen Schwerspat zusetzt, der chemisch dasselbe ist und daher chemisch nicht nachgewiesen werden kann. Vorhandensein von rohem Schwerspat würde also nur durch Bestimmung der Deckkraft und Feinheit des Korns nachzuweisen sein; auch die Bestimmung des spez. Gew. gibt oftmals die gewünschte Aufklärung.

Verhalten: Nicht giftig; wird durch Schwefelwasserstoff und Säuren nicht angegriffen. Natronlauge, Kalilauge greifen Barytweiß nicht an; von kohlensauren Alkalien wird es in der Hitze zerlegt.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Barytweiß verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Barytweiß ist hitzebeständig.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: bedarf nur wenig Öl.

Trockenfähigkeit: Barytweiß übt auf Leinöl oder Leinölfirnis keine trocknende Wirkung aus; Anstriche in Leinöl werden also 3—4 Tage zum Trocknen benötigen.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Barytweiß besitzt in Leinöl nur schlechte Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Erhitzen mit verdünnten Säuren erfolgt keine Veränderung, weder Aufbrausen, noch Lösung. 2. Beim Kochen mit kohlensauren Alkalien erfolgt ein Austausch der Säuren, indem die Schwefelsäure aus dem Barytweiß sich mit dem Alkali verbindet, während die Kohlensäure des Alkalis mit dem Barium Bariumkarbonat gibt. Da alle Alkalisalze in Wasser leicht löslich sind, kann die Schwefelsäure in dem Filtrat leicht nachgewiesen werden, während der unlösliche Rückstand von Bariumkarbonat in verdünnter Salzsäure leicht löslich und durch Zugabe von Schwefelsäure leicht charakterisiert werden kann.

Das nach dem Kochen mit verdünnten Säuren und Abfiltrieren erhaltene Filtrat darf auf Zusatz von Ammoniak und Ammoniumoxalat einerseits, sowie andererseits von Bariumchlorid keinen Niederschlag ergeben. Barytweiß muß also beim Behandeln mit verdünnten Säuren vollständig unlöslich bleiben. Die quantitative Untersuchung erfolgt in der bekannten Weise, indem man eine abgewogene Menge in einem Platintiegel mit

der sechsfachen Menge einer Mischung von wasserfreiem Natrium- und Kaliumkarbonat zum Schmelzen erhitzt. Die Schmelze wird mit Wasser ausgelaugt, filtriert und in dem Unlöslichen, das nun in verdünnter Salzsäure leicht löslich geworden ist, eine Bariumbestimmung durch Fällen mit Schwefelsäure ausgeführt.

Da die chemische Untersuchung nicht erlaubt, festzustellen, ob ein künstlich hergestelltes oder ein natürliches Präparat vorliegt, so kann bei derartigen Untersuchungen allein die praktische Prüfung entscheiden, ob der Farbkörper als solcher brauchbar ist, d. h. ob er die dem Barytweiß zukommende Deckkraft besitzt.

Wer sich des öfteren mit künstlich dargestelltem Barytweiß befaßt hat, wird auch schon mechanisch durch Reiben der Proben zwischen den Fingern ermitteln können, ob es ein künstliches Präparat ist oder ob hier nur gemahlener Schwerspat vorliegt.

Wichtiger als die Prüfung auf Reinheit ist daher auch die auf Strukturfeinheit, welche in der Weise vorgenommen wird, daß man Barytweiß mit einer 2%igen Leimlösung streichfertig anmischt und Aufstriche auf Papier anfertigt. Nach dem Trocknen müssen die Aufstriche rein weiß erscheinen und bei nicht allzustarkem Knittern festhaften. Sofern letzteres nicht der Fall ist, dürfte erwiesen sein, daß das Barytweiß nicht feinkörnig genug ist.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe verwendbar. Barytweiß ist für sich als Öl- bzw. Lackfarbe nicht zu verwenden, nur als Zusatzmittel. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe verwendbar.

Weiteres über die Verwendung des Barytweiß s. Farbenzeitung, Berlin 1914, S. 1523, danach ist die Verwendung des Barytweiß in der Farbenfabrikation gegenwärtig sehr verbreitet. Es sind weniger die künstlichen Mineralfarben, denen es als Ersatz dienen kann, weil es diese infolge seines großen Färbevermögens zu stark aufhellt, als vielmehr die zahllosen Teerfarblacke, deren preiswerte Herstellung oder qualitative Aufbereitung sehr häufig ohne Benutzung dieses ausgezeichneten Substrates gar nicht möglich wäre. Alle besseren Tapeten und Spielwaren, sowie Dekorationsfarben sind mit Rücksicht auf die vorzügliche Deckfähigkeit in wäßrigen Bindemitteln, die klare weiße Färbung und die bedeutende Kornfeinheit des Barytweiß in der Hauptsache auf dieses basiert; fast ausschließlich auch die Buntpapierfarben, die graphischen Druckfarben und die modernen Lackfarben und zwar ist es bei den letzteren immer eine bestimmte Eigenschaft des Barytweiß, welche seiner Verwendung als Substrat das Wort redet. So bei den Buntpapier- und Lackfarben die große Kornfeinheit, bei den graphischen Druckfarben die Eigenschaft des Lasierens in fetten Bindemitteln, die im Verein mit der feinen Struktur für den farbigen Druck besonders wichtig ist. Für die Zwecke der Kunstmalerei (Ölmalerei) bedient man sich seiner weniger und fast nie in reinem Zustande, obwohl es seiner absoluten Beständigkeit wegen gerade hierfür den anderen zum Teil sehr veränderlichen Farben gegenüber besonders geeignet erscheinen müßte. Aber das Barytweiß ermangelt in Firnis der ausgiebigen Deckkraft, die gerade in dieser Technik eine wichtige Rolle spielt. Nach Meißner soll man allerdings ein für Ölfarben geeignetes Barytweiß erhalten, wenn man das mit Sulfaten gefällte Produkt in kaltem Wasser abschreckt, wiederum trocknet und fein vermahlt. Von den künstlichen Mineralfarben vertragen aus den schon genannten Gründen nur die besonders farbkräftigen, wie Chromgelb, Chromgrün, Berlinerblau, Ultramarin einen größeren Zusatz von Barytweiß. Auch Zinkweiß wird, um als „Bleiweißersatz" zu dienen, mit Barytweiß versetzt, wodurch es nach der Behauptung der Hersteller eine bessere Deckfähigkeit in Öl erhalten soll, ähnlich dem Bleiweiß, dessen Deckvermögen ebenfalls steigen soll, wenn es bis zu einem gewissen Grade mit Schwerspat gemischt wird. Bleiweiß selbst erhält selten einen Zusatz von Barytweiß. Soweit bekannt existierte früher nur eine einzige Sorte davon, die bis zu 20% Barytweiß enthielt und in Form großer, doppelt gereifter Hütchen zu besonderen Zwecken in den Handel gebracht wurde. Bei der Herstellung von Teerfarblacken, die auf Barytweiß basiert sind, bedient man sich verschiedener Methoden. Die gebräuchlichste davon besteht darin, daß man den Barytweißteig zunächst mit Wasser aufschlämmt, durch ein feines Haar-, Metall- oder Seidensieb in den Fällbottich schlägt und darauf das Tonerdenhydrat, wenn man solches mit verwenden will, fällt. Je nachdem der Farblack aus einem sauren oder basischen Teerfarbstoff hergestellt werden soll, werden diese mit den entsprechenden Fällungsmitteln auf das gemischte Substrat niedergeschlagen. Im ersteren Falle werden die Substrate zumeist nicht gewaschen, da die Fällungs-

mittel, Chlorbarium, Chlorkalzium usw. mit den Mutterlaugen (Natriumsulfat) unlösliche Salze (Bariumsulfat, Kalziumsulfat, Bleisulfat usw.) bilden, die die Ausbeute wesentlich erhöhen und damit den Farblack verbilligen können. Bei den Farblacken aus basischen Teerfarbstoffen dienen als Fällungsmittel vorwiegend Tannin, dann auch Türkischrotöl und Zinkchlorid, Harzseife (wäßrige Harzlösungen), Wasserglas usw. Die Brillanz dieser Farblacke erfordert oft ein mehrmaliges Auswaschen des gemischten Substrates vor der Zugabe der Teerfarbstofflösungen und der Fällungsmittel. Bei der zweiten Methode geschieht der Zusatz von Barytweiß nach der Fertigstellung des Farblackes. Sie findet hauptsächlich Anwendung bei der Herstellung von Lacken aus den neueren Pigmentteerfarbstoffen.

Schließlich werden eine Reihe von Farben, Erdstoffe sowohl wie künstliche Mineralfarben und Farblacke auf trockenem Wege mit Barytweiß vermahlen; es sind dies besonders solche, die in der Wachstuch- und Linoleumfabrikation Verwendung finden sollen.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Barytweiß könnte seiner großen Widerstandsfähigkeit allen chemischen und physikalischen Einflüssen gegenüber in allen Maltechniken Verwendung finden, doch wird es fast nur als Substrat für Lackfarben oder als Verschnittmittel für natürliche und künstliche Mineralfarben gebraucht, da in Öl sowohl die Deckkraft wie auch die Trockenfähigkeit sehr mangelhaft sind.

Baselergrün s. Kupferarsenitazetat.
Bergblau s. 54.
Berggrün s. 53.
Bergkreide s. 50.
Bergrot s. 68.
Bergzinnober s. 100.

7. Berlinerblau, Ferrozyaneisen, Eisenzyanürzyanid, Pariserblau, Preußischblau, Sächsischblau, Antwerpenerblau, Miloriblau, Stahlblau. Engl.: Berlin blue; franz.: Bleu de Prusse.

Chemische Zusammensetzung: Berlinerblau ist Ferroferrizyanür $Fe_7Cy_{18} + 18H_2O$, welches aus drei Molekulen $FeCy_2$ und vier Molekulen $FeCy_3$ entstanden ist. Es ist ein Kunstprodukt und bildet sich, wenn man eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz (Kaliumferrozyanid) in eine salzsaure Lösung eines Eisenoxydsalzes (Eisenchlorid) eingießt, als tiefblauer Niederschlag, der in Wasser unlöslich ist. Die gebräuchlichste Darstellung geht von dem billigen Eisenvitriol (Eisenoxydulsulfat) aus, der mit gelbem Blutlaugensalz einen weißen bis lichtblauen Niederschlag gibt, der durch oxydierende Mittel, wie Salpetersäure dann leicht in das normale Berlinerblau verwandelt werden kann.

Handelsformen: Berlinerblau kommt in dunkelblauen Stücken oder als Pulver in den Handel. Es wird mit Kreide, Gips, Ton, Stärke, Magnesia verschnitten, wobei die Nuance meist heller wird. Es ist nicht giftig und wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Verdünnte Säuren greifen Berlinerblau nicht an; konz. heiße bewirken teilweise Lösung, doch wird diese Lösung beim Verdünnen mit Wasser wieder tiefblau. Berlinerblau wird durch Alkalien zerstört unter Bildung eines braunen Bodensatzes.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Berlinerblau kann nicht mit allen Farben gemischt werden, namentlich nicht mit Zinnober, Caput mortuum, Kreide sowie mit basischen Farbstoffen. Die bekanntesten Mischungen sind die mit Chromgelb und Zinkgelb, welche unter dem Namen Chromgrün und Zinkgrün (s. d.) in den Handel kommen. Berlinerblau ist nicht sehr lichtbeständig, es wird von den Atmosphärilien kaum angegriffen. Beim Erhitzen hinterläßt es einen rotbraunen Rückstand, sog. Berlinerbraun.

Öllöslichkeit: Berlinerblau ist in Leinöl nicht löslich.

Ölbedarf: Berlinerbau bedarf viel Leinöl, etwa 80%.

Trockenfähigkeit: Berlinerblau trocknet in Leinöl nur langsam.

Farbton nach Ostwald: 10% auf Lithopone: 57.10.65—57 ld.

Kalkechtheit: Berlinerblau ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Berlinerblau ist in Spiritus nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Berlinerblau ist sehr gut; es ist aber auch eine sehr ausgiebige Lasurfarbe.

Verwendung: Berlinerblau ist als Aquarell- und Leimfarbe wohl verwendbar, die Farbe verbleicht aber etwas am Licht, auch als Ölfarbe verblaßt es etwas, regeneriert sich aber im Dunkeln wieder. Als Fresko-, Kalk-, Kasein- und Wasserglasfarbe nicht verwendbar. Berlinerblau ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe. Es ist an sich eigentlich eine Lasurfarbe, aber von einer solchen Intensität und Ausgiebigkeit, daß es in konz. Form als Deckfarbe wirkt. Unter der Einwirkung von Licht und Luft bleicht das Berlinerblau in Form von Öl- und Wasserfarben etwas aus, was sich besonders bei hellen Nuancen, also in

Mischungen mit Weiß usw. bemerkbar macht, doch regenerieren sich diese im Dunkeln wieder zu den ursprünglichen Farbentön. Am bekanntesten sind die Mischungen mit Chromgelb und Zinkgelb, die das Chromgrün und Zinkgrün bilden. Außerdem wird Berlinerblau für graphische Farben aller Art in der Rouleaux-, Tapeten-, Wachstuch-, Buntpapier-, Walratfabrikation, sowie zur Herstellung tiefschwarzer Leder- und Emaillacke und von Pastell- und Farbstiften benützt.

Berlinerrot s. 29, 31.
Berlinerweiß s. 17.
Bister s. 61, 19.
Blanc fixe s. 6.

8. Blauholz, Blutholz, Kampecheholz; engl.: Logwood; franz.: Campêche.

Chemische Zusammensetzung: Der Farbkörper des Blauholzes ist das Hämatoxylin $C_{16}H_{14}O_6 + 3H_2O$, welches erst durch Oxydation in den eigentlichen Farbstoff, das Hämatein $C_{16}H_{12}O_6$ übergeht. Blauholzfarbstoff wird aus dem Holze des Blutbaumes, der in Zentralamerika, Mexiko und den Antillen vorkommt, gewonnen, indem man die zerkleinerten Hölzer extrahiert. Der fertige Extrakt wird dann zunächst einige Zeit gelagert, die klare Lösung von dem Bodensatz durch Tücher geseiht und dann zu verschiedenen Konzentrationsgraden eingedampft. Zur Verwendung als Malerfarbe wird der Extrakt zu Farblacken verarbeitet. Hauptverschnittmaterialien sind Melasse, Syrup, sowie tanninhaltige Extrakte aus Kastanienholz u. dgl. Blauholz ist nicht giftig, es wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, wohl aber von Mineralsäuren, die ein Umschlagen des Farbtons nach gelbrot verursachen. Blauholz wird durch Alkalien rot bis violett gefärbt; in alkalischen Laugen und Ammoniak löst es sich auf. Blauholz darf mit anderen Farben nicht gemischt werden, ist nicht lichtbeständig und wird von den Atmosphärilien langsam angegriffen und weiter oxydiert. Es wird beim Glühen zerstört.

Öllöslichkeit: Blauholz ist in Leinöl nicht löslich.

Ölbedarf: Blauholz bedarf viel Öl.

Trockenfähigkeit: Blauholz trocknet nur langsam. Blauholz soll nur für sich und nicht mit anderen Farben verwendet werden.

Kalkechtheit: Blauholz ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Der Farbkörper des Blauholzes ist in Spiritus löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft von Blauholz kann als gut bezeichnet werden.

Prüfung und Untersuchung: Der Wert des Extraktes kann nicht aus dem Grade der Konzentration entnommen werden, er muß vielmehr durch Ausfärben auf mit Kaliumbichromat und Weinstein gebeizter Wolle bestimmt werden.

Verwendung: Blauholzlack ist als Aquarell- und Leimfarbe nicht gut zu verwenden, ebensowenig als Öl- und Lackfarbe und als Fresko-, Kalk- und als Kaseinfarbe und für die Wasserglasmalerei.

Künstler-, Dekorations- oder Anstrichfarbe: Blauholz kann höchstens für Dekorationsmalerei in Frage kommen, da auch für diese Zwecke intensiver, reiner und echter färbendes Material sogar noch billiger zur Verfügung steht.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Blauholz kommen nur Teerfarbstoffe in Betracht.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Blauholz hat für maltechnische Zwecke nur geringen Wert, da für diese Zwecke billigere und echtere Farben zur Verfügung stehen; dagegen wird Blauholz vorwiegend zum Färben und Drucken auf Baumwolle und Wolle, sowie in der Tapeten- und Buntpapierfabrikation in den sog. vegetabilischen Bronzen verwendet.

Bleiantimoniat s. Neapelgelb, 66.
Bleibraun s. 16.
Bleichromat s. 20, 23, 25.

9. Bleigelb (s. auch Bleioxyd). Viel häufiger als Bleioxyd kommt unter dem Namen Bleigelb ein Hüttenabfallprodukt von wechselnder Zusammenstellung in den Handel, über welches in der vorliegenden Literatur bisher keine Angaben zu finden sind. Nach Untersuchungen des Verf. ist es ein Blei-Zinksilikat mit etwa 40% Bleioxyd und 50% Zinkoxyd. Es ist namentlich als Ölfarbe zu verwenden und ist erheblich widerstandsfähiger als Bleioxyd. Das Bleigelb wird für sich, aber auch namentlich in Vermischung mit Ocker als Metallfußbodenfarbe (s. d.) verarbeitet. Es ist in Säuren und Alkalien nur teilweise löslich; selbst durch wiederholtes, abwechselndes Erhitzen mit Salpetersäure und Kalilauge läßt sich nicht alles Blei restlos in Lösung bringen. Für die quantitative Bestimmung des Bleis und Zinks dürfte sich nachstehendes Verfahren am besten eignen: 5 g Bleigelbpulver werden in einem Stickstoffkolben aus Jenaer Glas mit 10—15 ccm konz. Schwefelsäure solange gekocht, bis die gelbe Farbe verschwunden ist und die ganze Masse rein weiß erscheint. Dann verdünnt man mit 100 ccm Wasser, läßt erkalten, filtriert in einen 250 ccm fassenden Kolben, wäscht mit kaltem Wasser aus und füllt bis zur Marke auf. Aus 50 ccm dieser Lösung, entsprechend 1 g

Bleigelb, wird dann der Zinkgehalt durch Titration mit Kaliumferrozyanid in ammoniakalischer Lösung (s. Lithopone) vorgenommen. Der auf dem Filter befindliche, in Schwefelsäure unlösliche Anteil, der aus Kieselsäure, Bleisulfat und ev. Bariumsulfat-Schwerspat besteht, wird in ein Becherglas gespritzt und mit 10%iger Kalilauge wiederholt ausgekocht; hierbei geht das ganze Bleisulfat in Lösung, während Schwerspat und Kieselsäure ungelöst bleiben, als solche zusammen gewogen und schließlich durch eine Schmelze mit Alkalikarbonat getrennt werden können. In der alkalischen Bleilösung kann nach schwachem Ansäuern mit verd. Salpetersäure das Blei durch Kochen mit Natriumkarbonat in Bleikarbonat verwandelt und dieses nach dem Abfiltrieren wie Bleiweiß (s. d.) behandelt werden (die salpetersaure Lösung wird auf 250 ccm aufgefüllt und aus 50 ccm, entsprechend 1 g Bleigelb das Blei durch Titration mit Kaliumbichromat in essigsaurer Lösung bestimmt) oder das Blei kann mittels Bromwasser in Bleisuperoxyd verwandelt werden, das dann wie bei Bleimennige (s. d.) durch Titration mit $^1/_5$ n Oxalsäure und $^1/_5$ n Kaliumpermanganat bestimmt werden kann. Durch dieses Verfahren mit der Behandlung mit konz. Schwefelsäure ist es Verf. gelungen, den Bleigehalt restlos zu ermitteln.

10. Bleiglätte; engl. u. franz.: Litharge, s. auch Bleioxyd unter B.

Verschnittsorten, Verfälschung: Bleiglätte wird hauptsächlich mit Schwerspat verschnitten, ist jedoch häufiger durch Kupfer verunreinigt.

Verhalten: Sehr giftig; Schwefelwasserstoff schwärzt unter Bildung von Bleisulfid. Säuren greifen Bleiglätte an, indem sie sie auflösen, in leichter lösliche Verbindungen überführen (Bleiazetat, Bleinitrat) oder in andere unlösliche Verbindungen verwandeln (Bleisulfat). Natronlauge, Kalilauge lösen Bleiglätte langsam, beim Erwärmen schneller auf.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Bleiglätte verträgt sich mit allen solchen Farben, die nicht Schwefel als Sulfidschwefel enthalten.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Ziemlich beständig.

Hitzebeständigkeit: Hitzebeständig.

Öllöslichkeit: Unlöslich; bildet aber mit Leinöl allmählich beim Trocknen eine Bleiseife, so daß sie nicht im eigentlichen Sinne des Wortes als ölunlöslich bezeichnet werden sollte.

Ölbedarf: Der Ölbedarf der Bleiglätte ist gering, etwa 15%.

Trockenfähigkeit: Bleiglätte trocknet als Ölfarbe sehr rasch, unter normalen Verhältnissen in 12 Stunden.

Farbton nach Ostwald: 10.18.30 — 10 hb.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft der Bleiglätte ist als gut zu bezeichnen.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Bleiglätte löst sich in Essig- und Salpetersäure ohne Aufbrausen und ohne Rückstand zu hinterlassen auf. 2. Bleiglätte löst sich auch, leichter beim Erwärmen oder Kochen, in Alkalilauge. 3. Die essigsaure Lösung gibt auf Zusatz von Kaliumbichromatlösung einen gelben Niederschlag von Bleichromat. Wenn die unter 1. mit verd. Salpetersäure hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern ein brauner bis schwarzer Rückstand, der sich auf Zusatz von Spiritus, Zucker oder Oxalsäure beim Erhitzen auflöst, hinterbleibt, so war Bleimennige vorhanden; ein roter unlöslicher Rückstand würde auf Ziegelmehl oder Ocker, ein weißer Rückstand auf Schwerspat deuten; findet beim Lösen mit Säuren Aufbrausen statt, so kann Kreide oder Bleiweiß zugegen sein. Erfolgt auf Zusatz von Ammoniak zur alkalischen Bleilösung Blaufärbung, so ist Kupfer zugegen.

Die quantitative Analyse erfolgt wie bei Bleiweiß.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe verwendbar, als Öl- und Lackfarbe gut zu verwenden, als Fresko-, Kalk- und Kaseinfarbe verwendbar, für Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Bleiglätte kann als Künstler- wie auch Dekorations- und Anstrichfarbe verwendet werden.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Als Wasserfarbe ist Bleiglätte nicht geeignet; als Ölfarbe war sie früher gebräuchlich, dient aber heute wohl nur noch mit erheblichem Zusatz von Ocker oder Schwerspat für Fußbodenanstrichfarben.

Ihre Hauptverwendung findet Bleiglätte wohl als Zusatz zum Leinöl bei der Firnisbereitung, da sie die Eigenschaft hat, die Sauerstoffaufnahme des Leinöls und dadurch das Trocknungsvermögen zu fördern.

Mit Glyzerin verrieben gibt Bleiglätte einen sehr hart werdenden Kitt, der in Wasser unlöslich ist und zum Befestigen von Metall an Metall und Glas sehr gut geeignet ist.

11. Bleigrau: Unter Bleigrau versteht man entweder eine Mischfarbe aus Bleiweiß und etwas Rußschwarz oder aber

reines Bleiweiß, das durch irgendeinen Fabrikationsfehler nicht seinen reinen weißen, sondern einen schwach grauen Ton zeigt. Näheres betr. Eigenschaften und Verwendung siehe daher unter Bleiweiß.

12. Bleimennige: Rein: Mennige, Minium, Rotes Bleioxyd, Saturnrot. Verschnitten und meist mit Teerfarbstoffen geschönt: Signalrot, Echtrot, Lichtrot. Engl.: Red Lead; franz.: Minium. Chem. Zus.: Pb_3O_4 s. Bleioxyde 2.

Handelsformen: Bleimennige kommt in Pulverform in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschungen: Als Verschnitt für Bleimennige kommt wohl nur Schwerspat und Schönung mit Teerfarben vor.

Verhalten: Bleimennige ist giftig, sie wird durch Schwefelwasserstoff unter Bildung von Bleisulfid geschwärzt. Sie wird in der Kälte von Salzsäure zersetzt, indem sich Chorblei bildet, das sich in feinen Nadeln abscheidet und in heißer Salzsäure löslich ist; von verd. Salpetersäure wird Bleimennige ebenfalls angegriffen unter teilweiser Lösung und Bildung von unlöslichem schwarzem Bleisuperoxyd. Natronlauge und Kalilauge verändern Bleimennige nicht.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Bleimennige verträgt sich nicht mit allen Farben, namentlich nicht mit Schweinfurtergrün, Kadmium- und Kupferfarben. Auch mit Sulfidschwefel enthaltenden Farben, wie Lithopone sollte Bleimennige nicht verarbeitet werden.

Lichtechtheit: Bleimennige ist nicht ganz lichtecht, sie dunkelt am Licht. Den Atmosphärilien gegenüber ist sie widerstandsfähig.

Hitzebeständigkeit: Bleimennige erleidet, auf höhere Temperaturen erhitzt, wenn rein, kaum eine Veränderung. Sie wird in der Hitze dunkel bis schwarz, nach dem Erkalten aber wieder rot; bei Gegenwart von Teerfarbstoffen finden Reduktionen zu metallischem Blei statt.

Öllöslichkeit: Bleimennige ist in Leinöl nicht ohne weiteres löslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf der Bleimennige kommt dem des Bleiweißes ziemlich nahe und dürfte etwa 10% betragen.

Trockenfähigkeit: Bleimennige trocknet als Ölfarbe sehr rasch.

Farbton nach Ostwald: 20.06.15 — 20 na.

Kalkechtheit: Bleimennige ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Bleimennige ist in Spiritus unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft der Bleimennige ist als gut zu bezeichnen.

Sonstige Eigenschaften: Bleimennige bildet mit Leinöl allmählich beim Trocknen eine Bleiseife, wodurch sie als Schutzanstrich für Eisengegenstände, also namentlich als Rotschutzmittel sehr wertvoll ist.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung der Bleimennige dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit 10%iger Salpetersäure wird die rote Bleimennige sofort in ihre Bestandteile Bleisuperoxyd und Bleioxyd zerlegt; ersteres bleibt als braunschwarzes Pulver in der Salpetersäure ungelöst, während letzteres von der Salpetersäure gelöst und im Filtrat mit Hilfe von Kaliumbichromat in der üblichen Weise (die salpetersaure Lösung wird zweckmäßig in eine essigsaure übergeführt) nachgewiesen wird. 2. Beim Hinzufügen von Zucker oder Alkohol zu 1 muß unter Kohlendioxydentwicklung vollständige Lösung eintreten. Wenn die unter 2 hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern eine ungelöste Masse zurückbleibt, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat, Ziegelmehl, Eisenoxyd (Eisenmennige) oder Ton vorhanden.

Zur raschen Prüfung auf Gips verfährt man wie bei Bleiweiß. Etwaiger Kreidezusatz wird sich beim Übergießen mit verd. Essigsäure durch Kohlendioxydentwicklung bemerkbar machen; auch kann das Filtrat von dem aus Kaliumbichromat erhaltenen Niederschlage direkt mit Ammoniumoxalat auf Kalk (weißer Niederschlag von Kalziumoxalat) geprüft werden.

Zur Prüfung auf Teerfarbstoffe, die sich meist schon beim Übergießen der Bleimennige mit Salpetersäure bemerkbar machen, indem die Salpetersäure dann die Bleimennige nur langsam angreift und die Bleimennige einen fetten Eindruck macht, schüttelt man eine kleine Probe der Bleimennige in einem Reagenzglase mit Alkohol; Färbung des letzteren deutet auf Teerfarbstoffe.

Genaue Analyse: Da Bleimennige wohl hauptsächlich nach ihrem Gehalt an Bleisuperoxyd bewertet wird, muß daher vor allen Dingen auch die Bestimmung des Bleisuperoxydes das meiste Interesse verdienen. Selbstverständlich ist auch auf Schwerspat, Sand, Gips und Kreide Rücksicht zu nehmen. Zur Bestimmung des Bleisuperoxydes, welche auf dessen oxydierenden Eigenschaften beruht, werden als Reduktionsmittel Zucker, Oxalsäure oder auch Formalin, nach neuen Versuchen von Partheil-Königsberg Milchsäure vorgeschlagen; Verf. arbeitet noch immer mit $^1/_5$ n Oxalsäure und erzielte hierbei stets übereinstimmende Resultate. Der Einwand, daß beim Arbeiten mit Oxalsäure leicht das oder wenigstens

ein Teil des schwer löslichen Bleioxalates auskristallisiert, ist vollständig hinfällig, da die überschüssige Oxalsäure mittels $^1/_5$ n Kaliumpermanganatlösung zurücktitriert wird. Etwaiger Schwerspat oder Sand wird erst nach der Titration abfiltriert und wegen etwaigen Gehaltes an Bleisulfat, ev. vom Gips herrührend, nach dem Behandeln mit Kalilauge, wie üblich bestimmt, während der gesamte Bleigehalt dann in einem aliquoten Teil des am besten auf ein bestimmtes Volumen gebrachten salpetersauren und ev. alkalischen Filtrates in der bei Bleiweiß angegebenen Weise durch Titration mit Kaliumbichromatlösung ermittelt und in diesem Filtrat dann der Kalk, von Kreide oder Gips herrührend, durch Ammoniumoxalat gefällt und bestimmt werden kann.

Ist eine Bestimmung des Gehaltes an Bleisuperoxyd nicht vorgesehen oder nahezu unmöglich, wie in den mit Teerfarbstoffen geschönten Präparaten, so würde zur Reduktion des Bleisuperoxydes Alkohol zu empfehlen sein, zumal sich wegen des fettartigen Charakters der geschönten Bleimennige bei Anwesenheit von Alkohol die Lösung mit Salpetersäure rascher und glatter vollzieht.

Soll aber der Gehalt an Bleisuperoxyd in den mit Teerfarbstoffen geschönten Präparaten bestimmt werden, so müssen letztere erst durch wiederholte Behandlung mit Alkohol entfernt werden; alsdann erfolgt die Bestimmung des Bleisuperoxydes wie in den reinen Präparaten.

Großer Wert wird auch auf die Feststellung des Feinheitsgrades gelegt. Die Bestimmung erfolgt am besten im Schöneschen Apparate, mit welchem man etwa 10—20 g Bleimennige unter ganz bestimmtem und gleichmäßigem Druck abschlämmen kann. Der im Schlämmtrichter hinterbleibende Rückstand wird durch ein vorher getrocknetes und gewogenes Filter oder einen Goochtiegel filtriert, getrocknet und gewogen. Die Kaiserlichen Werften verlangen, daß bei 26—28 mm Druckhöhe, d. h. 2 mm/sec Stromgeschwindigkeit der Schlämmrückstand nicht größer als 15—20% sein soll.

Verwendung: Als Leimfarbe ist Bleimennige nicht geeignet; in der Aquarellmalerei wird sie ab und zu verwendet, vorzugsweise aber in Öl. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht zu verwenden.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Bleimennige wird hauptsächlich als Anstrichfarbe (Rostschutzfarbe) benützt.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Bleimennige kommen hauptsächlich die Oxyde des Eisens, wie Eisenmennige in Frage.

Wirtschaftliches: Die Einfuhr von Bleimennige im Jahre 1912 betrug 1270 t im Werte von 508000 M., während die Ausfuhr im gleichen Jahre sich auf 10116 t im Werte von 3931000 M. bezifferte.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Wegen der großen Widerstandsfähigkeit gegen die Atmosphärilien, der guten Deck- und Trockenfähigkeit wird Bleimennige hauptsächlich zu Eisenanstrichen als Rostschutzfarbe benützt. Nach Eibner (Eibner, Malmaterialienkunde, Berlin 1909, S. 170) sollen gegen die Verwendung der Bleimennige in Öl als Grundierfarbe für Eisenwaren vielfach Bedenken erhoben und unter anderem von Toch ausgeführt sein, daß Bleimennigeanstriche das Rosten des Eisens durch Sauerstoffübertragung befördern. Hierzu ist anzuführen, daß sie an sich kein sauerstoffabgebendes, sondern ein diesen aufnehmendes Oxyd des Bleis ist. Es kann daher bei trockenen Bleimennigeanstrichen die rostfördernde Wirkung nach dieser Richtung hin in Frage gestellt werden. Dagegen scheint die erwähnte Eigenschaft der Bleimennige, mit dem Öl ein Bleipflaster (Bleiseife) zu bilden, Anlaß zum Rosten des Eisens zu geben, weil diese Verbindung gegen die Einflüsse der Atmosphärilien weniger widerstandsfähig ist als die Linoxinschichte des getrockneten Öls. Bei Berührung mit dem kochsalzhaltigen Meerwasser geben dagegen Bleimennigeanstriche auf Eisen zu rascher Oxydation Veranlassung. Über die chemische Einwirkung des Kochsalzes auf die Bleimennige nimmt hier u. a. Janvin das Auftreten von elektrischen Wechselwirkungen zwischen Blei und Eisen an, die zur elektrolytischen Zerlegung des Wassers und dadurch zur raschen Oxydation des Eisens führen. Es ist daher die Verwendung von Bleimennige zum Schiffsbodenanstrich in Frankreich und England verboten. Als Ersatz dient u. a. die sog. Eisenmennige (s. d.).

Auf einen anderen Übelstand weist Hebing in seinem 1910 erschienenen Werke „Die Materialien des Malers usw." (München 1910) hin, indem er sagt: „Zu anderen Arbeiten wird Bleimennige nicht verwendet. Die in Öl geriebene Bleimennige hat infolge ihrer bedeutenden Schwere große Neigung, sich am Boden des Gefäßes abzusetzen und wenn man einen solchen Satz mehrere Tage ruhig stehen läßt, so ist er fast unbrauchbar geworden. Man sollte deshalb nicht mehr Mennigefarbe zubereiten, als in entsprechend kurzer Zeit verarbeitet werden kann, und während der Arbeit muß durch öfteres Umrühren der Bildung

des Bodensatzes vorgebeugt werden. Außerdem ist feines Reiben der angerührten Mennigefarbe ein gutes Mittel; wenn die dicke Farbe zweimal durch eine enggestellte Farbmühle geht, ist die Neigung zum Absetzen sehr vermindert. Ein zweiter Trick, um das Absetzen zu verhindern und gleichzeitig die Farbe billiger zu machen, besteht darin, daß man eine gewisse Menge trockene Kreide der Mennigefarbe beimischt und dieses miteinander auf der Maschine reibt. Die Kreide ist bedeutend leichter als Mennige und vermindert dadurch, wenn sie gut damit verrieben wurde, das Niedersetzen im Gefäß. Daß die Farbe bezüglich der Haltbarkeit des Anstriches dadurch nachteilig beeinflußt wird, ist nicht anzunehmen, da Kreide ein indifferenter Körper ist und ebenfalls sehr hart trocknet."

Auch zur Verwendung als Ölkitt, namentlich zum Abdichten von Gasleitungen findet Bleimennige ausgedehnte Anwendung.

13. Bleischnee: *Chemische Zusammensetzung*: Bleischnee in reinem Zustande ist basisches Bleisulfat von der Formel $PbSO_4 . Pb(OH)_2$. Er hat das Molekulargewicht 544,2, das spez. Gew. etwa 6,0 und ist in Wasser unlöslich. Er besteht aus 81,99% PbO, 14,71% SO_3 und 3,30% Wasser. Dieses Wasser ist chemisch gebunden, tritt also nicht als Feuchtigkeit in Erscheinung.

Bezüglich aller sonstigen Eigenschaften, Verwendung usw. wird auf Bleisulfat und Bleiweiß verwiesen.

14. Bleioxychlorid. *Andere Namen*: Mineralgelb, Kasselergelb, Turnersgelb, Patentgelb, Chinesischgelb, Montpelliergelb, Parisergelb, Veronesergelb.

Chemische Zusammensetzung: Bleioxychlorid in reinem Zustande besteht aus einem Molekul Bleichlorid und sieben Molekulen Bleioxyd nach der Formel $PbCl_2 . 7PbO$. Es hat das Molekulargewicht 1839,7, das spez. Gew. 8,7 und ist in Wasser unlöslich. Es besteht aus 15,11% Bleichlorid und 84,89% Bleioxyd und ist ein Kunstprodukt.

Darstellung: Bleioxychlorid stellt man dar, indem man 10 Teile Mennige und ein Teil Salmiak bis zum Schmelzen erhitzt, wobei sich auf dem Boden des Tiegels metallisches Blei abscheidet; darüber befindet sich das Bleioxyd-Chlorblei, welches zerrieben ein Pulver von weicher gelber Farbe gibt. Außer diesem Bleioxychlorid gibt es noch verschiedene andere basische Bleichloride, die weniger Bleioxyd enthalten und dann ganz schwach gelb wenn nicht farblos erscheinen.

Handelsform: Bleioxychlorid kommt in Pulverform in den Handel.

Verschnittsorten bzw. Verfälschung des Bleioxychlorids kommen eigentlich fast gar nicht vor, da es viel zu wenig verlangt und verkauft wird.

Verhalten: Bleioxychlorid ist giftig, wird durch Schwefelwasserstoff angegriffen und unter Bildung von Bleisulfid geschwärzt. Säuren greifen Bleioxychlorid erst beim Erhitzen an; in Öl angerieben kann es als wiederstandsfähig gegen Säuren bezeichnet werden. Natronlauge, Kalilauge verändern Bleioxychlorid, indem sie es auflösen unter Bildung von Alkaliplumbit.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Bleioxychlorid verträgt sich außer mit Schweinfurtergrün mit allen anderen Farben, es empfiehlt sich aber doch, es nicht mit sulfidschwefelhaltigen Farben wie Lithopone zu verarbeiten. Bleioxychlorid ist ziemlich lichtecht und wird von den Atmosphärilien kaum angegriffen. Es ist hitzebeständig.

Öllöslichkeit: Bleioxychlorid ist in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Bleioxychlorids ist ziemlich gering; es braucht nur 12 bis 15% seines Gewichts an Öl, um eine streichfertige Farbe zu geben.

Kalkechtheit: Bleioxychlorid ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Bleioxychlorid ist in Spiritus unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Bleioxychlorids als Ölfarbe ist als gut zu bezeichnen.

Sonstige Eigenschaften: Bleioxychlorid bildet mit Leinöl allmählich beim Trocknen eine Bleiseife, wodurch es als Schutzanstrich sehr wertvoll ist.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit 10%iger Salpetersäure erfolgt kein Aufbrausen (keine Entwicklung von Kohlendioxyd); beim Erwärmen entsteht eine klare Lösung von Bleinitrat. 2. Beim Erwärmen mit konz. Kalilauge entsteht eine klare Lösung, die zum Unterschied von Chromgelb oder Zinkgelb farblos ist, während die letzteren mehr oder weniger gelb gefärbt sind. Wenn die unter 2. hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern ein weißer Niederschlag zurückbleibt, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat oder Gips vorhanden. Etwaiger Kreidezusatz gibt sich leicht durch Aufbrausen beim Übergießen mit verdünnter Salpetersäure zu erkennen und kann dann wie bei Bleiweiß (s. d.) noch weiter charakterisiert werden. Bei der quantitativen Untersuchung wird es sich nur darum handeln, einmal den Gehalt an fremden Bei-

mengungen, vorzugsweise Schwerspat, festzustellen, zum andern die Zusammensetzung bezüglich der oben angegebenen Formel zu ermitteln. Man wird daher zunächst das in Kalilauge Unlösliche bestimmen, dieses ev. durch eine Schmelze mit Alkalikarbonat weiter charakterisieren, während das Filtrat nach dem Ansäuren mit Salpetersäure mit einem Überschuß von festem Natriumkarbonat in unlösliches Bleikarbonat und lösliche Natriumsalze zu verwandeln ist, das dann nach dem Filtrieren in üblicher Weise bestimmt werden kann. Enthält das Bleioxychlorid auch noch Gips bzw. Kreide, so ist in dem unlöslichen Bleikarbonat nach der Titration mit Kaliumbichromat noch der Kalk gewichtsanalytisch festzustellen, während in der alkalischen Natriumsalzlösung neben der Chlor- eine Schwefelsäurebestimmung zu erfolgen hätte.

Verwendung: Bleioxychlorid kann gut als Aquarell- und Leimfarbe verwendet werden, die beste Verwendungsart des Bleioxychlorids dürfte in Öl resp. Lack sein. Auch als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe kann Bleioxychlorid verwendet werden, aber es ist zur Verwendung in der Mineralmalerei mit Wasserglas nicht geeignet. Bleioxychlorid kann sowohl als Künstler-, wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe Verwendung finden.

Ersatzstoffe: Ersatzstoffe für Bleioxychlorid kommen eigentlich nicht vor, da es sehr wenig in der Praxis verarbeitet wird.

Wirtschaftliches: Bleioxychlorid war früher eine sehr gebräuchliche Malerfarbe, ist aber heute nach der Entdeckung der gelben Chrom-, Zink- und Kadmiumfarben nahezu ganz verdrängt.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Bleioxychlorid kann hauptsächlich in Öl und Lack verarbeitet werden, wo es sich durch gute Deckkraft und Trockenfähigkeit auszeichnet; seine geringe Widerstandsfähigkeit gegen Alkalien, seine Empfindlichkeit gegen Schwefelwasserstoff, sowie seine Giftigkeit haben es zu keiner Bedeutung kommen lassen.

Bleioxyde s. 10, 12, 16 und unter B.

15. Bleisulfat; engl. Sulphate of lead; franz. Sulfate de plomb.

Handelsform: Bleisulfat kommt sowohl in Pulver, als auch in Öl angerieben in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Als Verschnitt für Bleisulfat kommt hauptsächlich Schwerspat in Betracht.

Verhalten: Bleisulfat ist, wie alle Bleiverbindungen, giftig, wenn auch wegen seiner Schwerlöslichkeit ganz erheblich weniger als Bleiweiß. Bleisulfat zeigt gegen Schwefelwasserstoff ein ähnliches, wenn auch etwas schwächeres Verhalten wie Bleiweiß. Verdünnte Säuren greifen Bleisulfat nicht an, konz. Salzsäure löst es teilweise beim Erwärmen auf unter Bildung von Bleichlorid, das beim Erkalten auskristallisiert. Natronlauge, Kalilauge, weinsaures Ammoniak lösen Bleisulfat auf.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Bleisulfat kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit s. Bleiweiß.

Atmosphärilien s. Bleiweiß.

Hitzebeständigkeit: Reines Bleisulfat ist vollständig hitzebeständig, d. h. es kann auf sehr hohe Temperaturen (1000°) erhitzt werden, ohne sich zu verändern.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Bleisulfats beträgt etwa 15—20%.

Trockenfähigkeit: Bleisulfat trocknet mit Leinöl sehr gut.

Kalkechtheit: Bleisulfat ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Bleisulfats als Ölfarbe ist nicht besonders gut, da das Bleisulfat auch im gefällten Zustande immer noch von mehr oder weniger körniger, kristallinischer Beschaffenheit ist.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit 10%iger Kalilauge oder weinsaurem Ammoniak und Erwärmen erfolgt eine klare Lösung, wenn das Bleisulfat frei von Schwerspat ist. 2. Beim Versetzen der alkalischen Lösung mit Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelnatriumlösung tritt sogleich Schwärzung ein, indem Schwefelblei entsteht. Wenn die unter 1. hergestellte Lösung nicht klar ist, liegt Verschnitt vor, der in der Regel nur aus Schwerspat besteht. Zur Prüfung auf Kreidezusatz wird das Bleisulfat mit 10%iger Salzsäure übergossen; tritt hierbei Aufbrausen ein und gibt die abfiltrierte Lösung auf Zusatz von Ammoniak im Überschuß keinen, auf weiteren Zusatz von Ammoniumoxalat aber einen weißen Niederschlag, so ist Kreide nachgewiesen.

Zur quantitativen Analyse werden 2 bis 3 g Bleisulfat, ev. nach dem Entölen mit Petroleumäther usw. unter Erwärmen in 50 ccm einer 10%igen Lösung von weinsaurem Ammoniak in Wasser oder in 10%iger Kalilauge gelöst. Der hierbei unlöslich gebliebene Rückstand wird abfiltriert und nach den üblichen Methoden bestimmt. Das klare Filtrat wird mit Salpetersäure schwach angesäuert, mit

Natriumkarbonat im Überschuß versetzt und einige Zeit, zuletzt unter Zugabe von etwas Bromwasser, erwärmt, wodurch das ganze Blei aus dem Bleisulfat in unlösliches Bleisuperoxyd verwandelt wird. Letzteres kann durch ein vorher getrocknetes und gewogenes Filter filtriert und bestimmt werden, während in dem Filtrat nach dem Ansäuern mit Salzsäure die Schwefelsäure mit Bariumchlorid gefällt und in üblicher Weise ermittelt wird. Vor der Fällung ist die salzsaure Lösung längere Zeit unter einem guten Abzug zur Vertreibung des überschüssigen Bromwassers zu erwärmen.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe nicht geeignet; als Öl- und Lackfarbe verwendbar; als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Bleisulfat ist sowohl Künstler-, als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Bleisulfat wird nur als Ölfarbe und namentlich als Außenanstrichfarbe verwendet. Wegen seiner Schwerlöslichkeit ist Bleisulfat erheblich widerstandsfähiger gegen Schwefelwasserstoff und schweflige Säure, dagegen wegen seiner schlechten Deckkraft doch kein voller Ersatz für Bleiweiß.

16. Bleisuperoxyd (s. d. unter B).

Verhalten: Giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; ist in warmer Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich; von Oxalsäure, Zucker, Milchsäure, Spiritus wird es bei Gegenwart von Salpetersäure zu Bleioxyd reduziert, das in Salpetersäure leicht löslich ist. In Alkalien nur in starker Lauge beim Erwärmen löslich.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Bleisuperoxyd kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Bleisuperoxyd verglimmt beim Erhitzen an der Luft allmählich zu Bleioxyd.

Öllöslichkeit: Unlöslich, s. a. Bleioxyd.

Ölbedarf: Bleisuperoxyd bedarf nur wenig Öl.

Trockenfähigkeit: Sehr gut.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Bleisuperoxyds kann als gut bezeichnet werden.

Prüfung und Untersuchung: s. Bleimennige.

Verwendung: Bleisuperoxyd wird nur wenig als Farbe und dann immer nur in Öl angewendet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Bleisuperoxyd ist wohl nur Künstlerfarbe.

17. Bleiweiß: Kremserweiß, Kremnitzerweiß, Kammerbleiweiß, Schieferweiß, Cerussa. Engl. white lead; franz. Blanc de plomb, Céruse.

Chemische Zusammensetzung: Reines Bleiweiß wird als ein basisches Bleikarbonat angesehen. Die besten Sorten entsprechen in der Zusammensetzung der Formel $Pb(OH)_2 . 2PbCO_3$ mit dem Molekulargewicht 775,3 und enthalten als Bestandteile 86,3% Bleioxyd, 11,4% Kohlendioxyd und 2,3% Wasser; dieses Wasser ist nicht als Feuchtigkeit oder Flüssigkeit vorhanden, sondern chemisch gebunden. Es soll nicht mehr als 0,5% Bleizucker (normales Bleiazetat) enthalten. Bleiweiß ist in kaltem und heißem Wasser unlöslich im Gegensatz zu Bleizucker.

Darstellung: Je nach der Darstellung unterscheidet man deutsches, englisches, französisches und holländisches Bleiweiß. Das deutsche und holländische Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß das in Blockform bezogene Bleimetall des Handels geschmolzen und auf maschinellem Wege (vereinzelt auch noch durch Handarbeit) in dünnen Platten (Lappen) ausgegossen wird. Diese werden auf Holzgerüsten in gemauerten Kammern aufgehängt. In die geschlossenen Kammern werden Wasser- und Essigdämpfe, sowie Luft und Kohlensäure eingeleitet. Die Temperatur wird ungefähr auf 40—50° C gehalten. Nach etwa 7 Wochen ist das Blei zum größten Teil in Bleiweiß verwandelt. Nach Abkühlen und Lüften der Kammern wird das Bleiweiß befeuchtet, ausgeräumt und dann durch einen Wasch- und Schlemmprozeß von löslichen Anteilen und von Resten des Bleimetalls befreit.

Nach dem englischen Verfahren wird Bleiglätte mit Essig vermischt und Kohlensäure darüber geleitet (ein neueres amerikanisches Verfahren geht von fein verteiltem metallischem Blei aus). Die französische Herstellung geschieht auf nassem Wege, indem in eine Lösung von basischem Bleiazetat Kohlensäure eingeleitet wird.

Handelsformen: Pulver, Brote, Stücke, Hütchen, feuchte Paste, namentlich aber in Öl angerieben.

Verschnittsorten resp. Verfälschungen: Hauptverschnittmaterial ist Schwerspat, dessen Beimengung mit der Kennzeichnung „V" anzugeben ist, andernfalls ist der Verschnitt als Verfälschung anzusehen. Des weiteren dienen fast alle weißen Körperfarben, namentlich auch Kreide als Verschnittmaterialien; solche Verschnitte führen dann Namen wie Venezianerweiß, Hamburgerweiß, Englisches Patent-

weiß, Berlinerweiß, Holländerweiß, Verschnitt-Bleiweiß, Grundierweiß.

Verhalten: Bleiweiß ist giftig. Für den Anstreicherbetrieb soll es nur in mit Öl angeriebenem Zustande bezogen werden. Bei seiner Anwendung ist die größte Reinlichkeit zu beobachten, siehe auch die Bundesratsvorschriften vom 27. Juni 1905. Wegen der Giftigkeit des Bleiweißes war die Farbenindustrie bemüht, dem Bleiweiß gleichwertige Farbstoffe herzustellen, bis jetzt aber ohne nennenswerten Erfolg.

Durch Schwefelwasserstoff, der sich in Aborten, Ställen usw., ebenso in stark bewohnten Räumen und Schlafzimmern befindet und auch in unreinem Leuchtgas enthalten sein kann, ebenso durch die Einwirkung von Schwefelalkalien wird Bleiweiß gebräunt und schließlich geschwärzt. Säuren greifen Bleiweiß an, indem sie es entweder klar auflösen (Essigsäure, Salpetersäure) oder in leichter lösliche Verbindungen überführen (Salzsäure, schweflige Säure) oder in unlösliche Verbindungen verwandeln (Schwefelsäure, Phosphorsäure). Natronlauge, Kalilauge und Ätzkalk sowie ätznatronhaltiges Wasserglas verändern Bleiweiß, indem sie es in gelbes Bleioxyd verwandeln, das in überschüssiger Lauge unter Bildung von Alkaliplumbit löslich ist.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Reines Bleiweiß verträgt sich mit allen an sich beständigen Farben, außer mit kupferhaltigen Farben, wie Schweinfurtergrün und Bremerblau. Seine Verträglichkeit mit Sulfidschwefel enthaltenden Farben wie Lithopone ist noch nicht einwandfrei geklärt; nach eingehenden Beobachtungen glaubt man bald Schwärzung, bald keine Veränderung wahrgenommen zu haben, so daß bei der Einwirkung von Sulfidschwefel auf Bleiweiß auch noch andere, bisher nicht genügend beobachtete Umstände mitzusprechen scheinen.

Bleiweiß ist besonders im Freien lichtecht, es wird von den Atmosphärilien nicht angegriffen. Erhitzt man Bleiweiß auf etwa 400°, so gibt es Wasser und Kohlendioxyd ab und hinterläßt gelbes Bleioxyd.

Öllöslichkeit: Bleiweiß ist in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Bleiweiß bedarf wegen seiner spez. Schwere von allen Farben das wenigste Öl. Es braucht zum Anreiben in Teigform nur 8—10% seines Gewichtes an Öl.

Trockenfähigkeit: Mit Leinöl angerieben trocknet Bleiweiß rasch, unter normalen Verhältnissen in 1—2 Tagen.

Kalkechtheit: Bleiweiß ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Bleiweiß ist in Spiritus unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Bleiweißes als Ölfarbe wird von keiner anderen bisher bekannten weißen Farbe erreicht.

Sonstige Eigenschaften: Das Bleiweiß erleidet im Laufe der Zeit, je nach seiner Zusammensetzung eine mehr oder minder starke „Verseifung", mit den in den öligen und harzigen Bindenmittel und Lacken enthaltenen Fett- und Harzsäuren.

Prüfung und Untersuchung: Beim Übergießen einer ölfreien Probe mit Salpetersäure oder Essigsäure entsteht unter Aufbrausen (Entwicklung von Kohlendioxyd) eine klare Lösung von Bleinitrat bzw. -azetat. Die Säure muß genügend verdünnt (etwa 10%ig) sein, damit das Bleinitrat oder -azetat in Lösung bleibt. Wenn die mit Säure hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern eine schwere weiße Masse ungelöst zurückbleibt, ist meist Verschnitt durch Schwerspat oder Verunreinigung durch Bleisulfat bzw. Verfälschung mit Gips (der bei Gegenwart von Bleiweiß beim Behandeln mit verdünnten Säuren Bleisulfat bildet) vorhanden.

In überschüssiger Kali- oder Natronlauge (10%ige etwa 30 Teile auf 1 Teil Bleiweiß) wird Bleiweiß farblos gelöst. Ein Rückstand deutet auf Verschnitt hin und zwar, wenn die Lösung in Säure klar war, auf Kreide.

Bei Zufügen von Schwefelwasserstoffwasser entsteht Schwärzung infolge Bildung von Bleisulfid. Beim Erhitzen entsteht Gelbfärbung, die auch beim Erkalten bestehen bleibt, durch Bildung von Bleioxyd. Der Glühverlust beträgt bei den besten Sorten etwa 13,7%.

Zur Prüfung auf Bleizucker kocht man die entölte Probe mit Wasser aus und fügt zum Filtrat Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelammoniumlösung hinzu; tritt hierbei keine Schwärzung ein, so ist Bleizucker nicht vorhanden.

Die quantitative Untersuchung erfolgt am besten in der Weise, daß man eine abgewogene Menge mit verd. Salpetersäure vermischt, den unlöslichen Anteil abfiltriert, mit Kalilauge kocht, filtriert und das nunmehr unlösliche als Bariumsulfat (Schwerspat) bestimmt, während man die Lösungen vereinigt und das Blei in essigsaurer Lösung mit Kaliumbichromat titriert; in dem Filtrat wird der Kalk mit Ammoniumoxalat gefällt und in üblicher Weise bestimmt. Weiteres, sowie eventuelle Bestimmung des chemisch gebundenen Wassers, sowie des Kohlen-

dioxyds s. Treadwell, Chem. Analyse. (Leipzig u. Wien, 1905.)

Verwendung: Als Aquarell-, Leimfarbe nicht geeignet. Bleiweiß findet hauptsächlich als Öl- und Lackfarbe Verwendung. Es ist als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht verwendbar. Bleiweiß findet sowohl als Künstler- wie als Dekorations- und Anstrichfarbe Verwendung. Von Künstlern wird es als Grundierfarbe des Malgrundes (auf Holz oder Leinwand) gebraucht.

Ersatzstoffe: Infolge der Giftigkeit und der Empfindlichkeit gegen Schwefelwasserstoff hat man Veranlassung genommen, sich nach Ersatzstoffen für Bleiweiß umzusehen und es sind denn auch eine große Anzahl Bleiweißersatzfarben, welche fast alle aus lichtechtem Lithopone (s. d.) mit etwas Kreidezusatz bestehen, in den Handel gekommen. Von allen Ersatzstoffen hat sich das sog. Zinkoxyd „Libelle" der Hamburger Firma J. D. Flügger nach Verf.s Erfahrung als bestes erwiesen, ein Zinkoxyd mit etwa 8—10% Bleisulfat und ganz schwach grauem Ton. Die praktischen Versuche, welche mehr als 6 Jahre beobachtet worden sind, haben sehr gute Resultate über dieses Zinkoxyd ergeben.

Wirtschaftliches: Bleiweiß nimmt unter den Bleifarben neben Mennige die erste Stelle ein. Die deutsche Bleierzeugung von jährlich etwa 160000 t im Werte von 40—44 Mill. M. wurde zu einem starken Drittel von der deutschen Bleifarbenindustrie verarbeitet. Von den Produkten gelangte ein beträchtlicher Teil zur Ausfuhr (etwa 12—13000 t Bleiweiß im Werte von 5 Mill. M.) und zwar hauptsächlich nach Großbritannien. Man kann demnach die gesamte Produktion Deutschlands auf jährlich etwa 40000 t Bleiweiß und 28—30000 t Mennige schätzen. Die Einfuhr (Wert 1912 1, 1913 0,8 Mill. M.) geschieht hauptsächlich aus Holland, Amerika, Frankreich und Belgien. Der Preis richtet sich nach dem Bleipreis, bei Ölbleiweiß auch nach dem Ölpreis, daher entstehen mit dem Steigen und Fallen dieser Preise bedeutende Wertverschiebungen für das Bleiweiß.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Bleiweiß war schon im Altertum bekannt und als Mal- und Anstrichfarbe, sowie als Schminke in Anwendung. Die vorzügliche Deckkraft und die unbedingte Haltbarkeit für Außenanstriche lassen es trotz seiner Giftigkeit noch immer unentbehrlich erscheinen. Es zeichnet sich vor dem Zinkweiß namentlich dadurch aus, daß es nicht zu Abblätterungen, Haarrissen und Sprungbildungen neigt, vielmehr eine konservierende Wirkung auf die Ölgemälde ausübt. Als Außenanstrichfarbe wird es namentlich auf Stein, Verputz, Holz und Metall in ausgedehntem Maße verwendet und besonders auch als Grundierung für Lackierungen benützt. In der Wagenlackiererei und Schildermalerei wird Bleiweiß als Grundanstrich auf Holz und Metall verwendet. Es gibt einen harten Untergrund, wie er mit keiner andern im Handel befindlichen Farbe erreicht wird; dieser ist zugleich so elastisch, daß ein Reißen oder Abblättern bei richtiger Verarbeitung ausgeschlossen ist. Seit Jahrhunderten wird Bleiweiß für Schleifgrund (Spachtelkitt) verwendet. Bleiweiß wird in Beziehung auf Härte, Glätte und Elastizität von keinem anderen Farbstoff auch nur annähernd erreicht. Die Ausgiebigkeit, die Streich- und Modellierfähigkeit ist sehr gut. Bleiweiß besitzt eine von keiner anderen weißen Farbe erreichte Wetterbeständigkeit. Es wird in der Industrie, auf Schiffbauwerften, in Waggonfabriken als unersetzliches Material zu vorgenannten Zwecken verwendet.

Da das Bleiweiß an Orten, wo Schwefelwasserstoff vorhanden ist, geschwärzt wird, darf es dort entweder nicht verwendet werden, oder man schützt einfache Bleiweißanstriche, insbesondere wenn sie dem Licht und der reinen Luft nicht zugänglich sind, durch Anstriche und Lackierung mit Zinkweiß (Emaillackfarben); so nimmt man auch ganz allgemein zu allen besseren Innenanstrichen zum 3. und 4. Anstrich nur Zinkweiß.

Bei Gemälden ist die Schwefelwasserstoffgefahr verhältnismäßig gering. Wertvolle Kunstwerke werden wohl nur selten der Einwirkung von Schwefelwasserstoff oder anderen flüchtigen Schwefelverbindungen ausgesetzt. Geringe Bräunungen oder Schwärzungen verschwinden unter der Einwirkung des Lichtes und der Luft entweder von selbst wieder oder durch Behandlung mit verd. Wasserstoffsuperoxydlösung. Hierbei wird das schwarze Bleisulfid in weißes schwefelsaures Blei umgewandelt. Außerdem schützen gute Gemäldelacke in vollkommen ausreichendem Maße vor der Einwirkung der erwähnten schädlichen Gase.

Eine andere Ursache des Bräunens von Bleiweißöl- und Lackfarben ist auf das hierzu verwendete Öl zurückzuführen. Es bilden sich hierbei im Dunkeln eigenartige Sauerstoffverbindungen des trocknenden Öls, welche gelb bis tief braunrot gefärbt sind, im direkten Sonnenlicht

aber wieder entfernt werden. Diese Erscheinungen des Nachdunkelns treten besonders bei fett aufgetragenen Öl-, Email- und Lackfarben auf, während magere diesen Mißstand weniger zeigen. Die Verwendung minderwertiger Bindemittel und Lacke zu Bleiweißanstrichen oder -malereien bewirkt ein nicht mehr zu beseitigendes Vergilben.

Bleizinnober s. 13.
Blutholz s. 8.
Böhmische Erde s. 36.

18. Bolus: engl.: Bole. Man unterscheidet roten und weißen Bolus. Andere Namen: a) roter Bolus: Armenische Erde, Armenischer Bolus, Französischer Bolus, Ungarischer Bolus usw.; b) weißer Bolus: Bolus, Ton, Bol, Lemnische Erde, Striegener Erde, Armenische Erde, Siegelerde, Rheingauer Erde, Porzellanerde, Kaolin, Plastischer Ton, Pfeifenton.

Chemische Zusammensetzung.: Weißer Bolus ist ein amorphes, aus feldspathaltigen Gesteinsarten hervorgegangenes Material, das chemisch hauptsächlich aus Kieselsäure und Tonerde neben geringen Mengen von Kalk, Magnesia und schwefelsauren Salzen besteht. Eine Formel läßt sich für Bolus nicht genau feststellen; für ganz reine, kalk- und magnesiafreie Präparate würde dieselbe etwa lauten: $xSiO_2.yAl_2O_3$. Bei der Verschiedenheit des Verhältnisses von Kieselsäure und Tonerde kann das Molekulargewicht nicht angegeben werden; das spez. Gew. schwankt zwischen 2,3 und 2,6.

Der rote Bolus enthält neben Kieselsäure und Tonerde, wie alle roten Erdfarben auch mehr oder weniger Eisenoxyd.

Darstellung: Da sich Bolus in hinreichend großen Mengen in der Natur, namentlich in Armenien, Frankreich, Ungarn, Böhmen usw. vorfindet, ist eine besondere Darstellung der Bolusarten nicht notwendig geworden. Er muß nur fein gerieben und von ev. vorhandenen Sandbeimengungen durch Abschlämmen befreit werden.

Handelsform: Bolus kommt als Pulver in den Handel.

Verhalten: Bolus ist nicht giftig; er wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; Säuren greifen weißen Bolus nicht an; konz. Salzsäure greift roten Bolus in der Weise an, daß neben einem weißgrauen unlöslichen Rückstand eine gelbe Lösung entsteht, indem das Eisenoxyd gelöst wird. Natronlauge, Kalilauge, Wasserglas verändern Bolus bei gewöhnlicher Temperatur kaum; bei größerem Überschuß an Lauge kann ein Teil der freien Kieselsäure aufgelöst werden.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Bolus kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Bolus ist lichtecht und wird von den Atmosphärilien nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Roter Bolus ist nicht vollständig hitzebeständig, da er bei sehr hohen Temperaturen, wie alle Eisenoxyd enthaltenden Farben, einen dunkleren Ton annimmt.

Öllöslichkeit: Bolus ist in Öl unlöslich.

Ölbedarf: Bolus wird in Öl direkt nicht verarbeitet; im allgemeinen kann man wohl 30—40% Öl annehmen.

Trockenfähigkeit: Bolus trocknet in Leinöl sehr langsam.

Kalkechtheit: Bolus ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Bolus ist in Spiritus nicht löslich.

Deckkraft: Bolus besitzt als Leimfarbe nur wenig Deckkraft, da er selbst bei bester Bearbeitung der gewöhnlichen Kreide in der Deckkraft nachsteht.

Prüfung und Untersuchung: Reiner Bolus zeigt beim Schütteln bzw. schwachen Erwärmen mit verd. Salzsäure oder Salpetersäure keine Veränderung; konz. Salzsäure entfärbt roten Bolus beim Erhitzen unter Bildung einer gelben Lösung und eines weißen bis grauen unlöslichen Anteils. Durch starke Laugen wird Bolus in der Hitze zersetzt, während verdünnte Laugen nur die freie Kieselsäure auflösen. Die Prüfung auf Kalk erfolgt in den salzsauren Filtraten nach Abfiltrieren des mit Ammoniak erhaltenen Niederschlages in der bekannten Weise mit Ammoniumoxalat.

Bezüglich der vollständigen Untersuchung, bei der es sich um etwaige Zusätze von Schwerspat, Gips, Kreide handeln kann, erfolgt nach der bei den Silikaten angeführten Untersuchungsmethoden. Bei der Prüfung des roten Bolus wird es sich wohl hauptsächlich nur darum handeln, ob er mit Teerfarbstoffen geschönt ist; die Ausführung der Prüfung geschieht in der Weise, daß man eine kleine Menge, etwa 3 g, in einem Reagenzglas mit reinem farblosen Spiritus schüttelt. Reiner, d. h. ungeschönter Bolus darf an Spiritus keinen Farbstoff abgeben.

Verwendung: Für Aquarell- und Leimfarben verwendbar, als Öl- bzw. Lackfarbe nicht gut zu verwenden; als Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben verwendbar und für die Mineralmalerei mit Wasserglas wohl geeignet.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Bolus ist nicht Künstler-, sondern Dekorations- und hauptsächlich Anstrichfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Die Bolusarten gehören,

wenn sie gut gereinigt, gewaschen und geschlämmt sind, zu den absolut sicheren Pigmenten, die wohl in allen Farbtechniken Verwendung finden können; nur als Ölfarben haben sie wegen der geringen Deckkraft und der schlechten Trockenfähigkeit wohl kaum noch Bedeutung.

19. Braunkohlenpulver: *Andere Namen*: Kölnische Umbra, Kölnische Erde, van Dykbraun, Kasselerbraun. Engl.: Cologne earth.

Chemische Zusammensetzung: Braunkohle besteht aus Kohlenstoff, Kohlenwasserstoffen und erdigen Beimengungen; hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit sowie ihres Alters steht sie zwischen Steinkohle und Torf.

Darstellung: Die Darstellung beschränkt sich auf Trocknen und Vermahlen der grubenfeuchten, also bergmännisch gewonnenen Ware; ein Schlämmen des Rohmaterials findet nicht statt.

Handelsform: Tiefbraune Stücke oder Pulver.

Verschnittsorten resp. Verfälschung: Verschnitte kommen wohl nicht vor, höchstens Schönung mit Teerfarbstoffen.

Verhalten: Braunkohle ist nicht giftig, gegen Schwefelwasserstoff unempfindlich, in Säuren teilweise löslich, in warmer Salzsäure ohne Chlorentwicklung, zum Unterschiede von der echten, cyprischen Umbra. Mit Alkalien, auch Ammoniak, gibt Braunkohle braun gefärbte Lösungen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Braunkohle darf nicht mit anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Braunkohle ist lichtbeständig und wird von Atmosphärilien nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Braunkohle verbrennt beim Erhitzen mit Hinterlassung von wenig graubrauner Asche.

Öllöslichkeit: Braunkohle ist in Leinöl teilweise löslich.

Ölbedarf: Braunkohle bedarf sehr viel Öl.

Trockenfähigkeit: Braunkohle trocknet in Leinöl sehr langsam.

Farbton nach Ostwald für Kasselerbraun: 13.04.94 — 13 pm.

Kalkechtheit: Braunkohle ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Braunkohle ist in Spiritus unlöslich.

Deckkraft: Braunkohle besitzt nur schlechte Deckkraft.

Sonstige Eigenschaften: Die teilweise Löslichkeit der Braunkohle in ätzenden Alkalien benutzt man zur Herstellung brauner Beizen. So wird die gewöhnliche Nußholzbeize in der Weise gewonnen, daß man Braunkohle mit so viel Wasser durch eine Trichtermühle laufen läßt, daß ein steifer Brei entsteht, den man mit einer Sodalösung (auf 100 Teile Braunkohle etwa 6 Teile wasserfreie Soda) einige Tage in einer geeigneten Mischmaschine oder auf einem Naßgange behandelt. Nach dem Trocknen zerspringt die Ware von selbst in kleine glänzende, tiefbraune Stücke, in welcher Form die trockene Nußholzbeize dann gewöhnlich in den Handel kommt.

Prüfung und Untersuchung: Braunkohle muß beim Glühen mit leuchtender Flamme verbrennen und darf nur einen geringen graubraunen Rückstand (Asche) hinterlassen. Zur Prüfung auf Schönung mit Teerfarbstoffen schüttelt man eine kleine Probe mit Spiritus, der durch reine Braunkohle nicht gefärbt erscheinen soll.

Verwendung: Verwendbar als Aquarell- und Leimfarbe, auch als Öl- und Lackfarbe, aber nicht mit weißen Ölfarben. Zu Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben und in der Wasserglasmalerei ist Braunkohle nicht verwendbar.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Braunkohle ist mehr Dekorations- als Künstlerfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Als Ölfarbe hat Braunkohle nur geringe Bedeutung, da die Anstriche nicht nur sehr langsam trocknen, sondern auch nicht decken, nur lasieren; dagegen ist ihre Verwendung in der Tapetenfabrikation und als Buntpapierfarbe, wie überhaupt als Leimfarbe eine allgemeinere. Auch in der Darstellung der Nußholzbeizen spielt Braunkohle eine hervorragende Rolle.

Braunschweigerblau s. 7.
Braunschweigergrün s. 51.
Braunstein s. 61.
Bremerblau s. 54.
Bremergrün s. 51, 53.
Bremerschwarz s. 81.
Brillantgelb s. 40.
Brixenergrün s. 51.
Cadmium s. Kadmium.
Cäsarlack s. 43.
Caput mortuum s. 31.
Carmin s. Karmin.
Carthamin s. 76.
Cerussa s. 17.
Chamois s. 68.
Champagnerkreide s. 50.
Charltons Weiß s. 58.
Chemnitzerweiß s. 17.
China clay s. 18.
Chinagelb s. Arsensulfid unter A.
Chinesischgelb s. 12, 68.
Chinesischgrün s. 59.
Chinesischrot s. 100.

20. Chromgelb: Zitronengelb, Zwickauergelb, Leipzigergelb, Königsgelb, Bleichromat (s. d.). Engl.: Chrome yellow,

franz.: Jaune de chrome, chromate de plomb.

Chemische Zusammensetzung: Chromgelb ist im chemischen Sinne Bleichromat = $PbCrO_4$, oft neben Bleisulfat (s. d.). Chromgelb ist ein Kunstprodukt, das je nach der Art der Darstellung in verschiedenen Typen erscheint, hochgelb bis hellzitronenfarbig; der einfachste Weg, Chromgelb darzustellen, besteht darin, daß man zu einer Lösung von essigsaurem Blei eine Lösung von Kaliumbichromat hinzugibt (auf 100 Teile Bleiazetat 36 Teile Kaliumbichromat), den entstandenen Niederschlag filtriert, rasch und sorgfältig mit Wasser auswäscht und bei gelinder Wärme trocknet. Nach Habig (Wagner, Chem. Technologie, Leipzig 1886, S. 139.) gibt es zwei Doppelverbindungen von Chromat mit Sulfat, die den Formeln $PbSO_4 . PbCrO_4$ und $2PbSO_4 . PbCrO_4$ entsprechen. Die erste bildet sich, wenn eine Lösung von Kaliumbichromat mit der entsprechenden Menge Schwefelsäure versetzt und mit der Bleilösung gefällt wird; die zweite Verbindung entsteht, wenn der Schwefelsäurezusatz etwa um das Doppelte erhöht wird. Die letztere Verbindung soll das Aufquellen in feuchtem Zustande nicht zeigen, wie die erste, sondern nach dem Trocknen eine feurige, fast schwefelgelbe Farbe von feurigem Bruch bilden. Nach Anthon (Wagner, Chem. Technologie, Leipzig, 1886, S. 139.) erhält man ein schönes Chromgelb, wenn man 10 Teile frisch gefälltes Bleichlorid mit einer Lösung von 47 Teilen Kaliumbichromat behandelt.

Die Erzielung gleichmäßig gefärbter Fabrikate ist sehr schwer; abgesehen von der Verwendung nur absolut reiner Rohmaterialien werden nachstehende Leitsätze aufgestellt: 1. Anwendung von möglichst viel Wasser und sehr verdünnten Lösungen; 2.-anhaltendes, energisches Umrühren während und nach der Zusammensetzung des Chromgelbes; 3. Einhaltung möglichst niedriger Temperaturen; 4. Vermeidung größeren Zeitverlustes, sowohl bei der Zusammensetzung, als besonders auch im Verlauf des Auswaschens.

Handelsformen: Chromgelb kommt in Stücken und in Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Chromgelb wird hauptsächlich mit Schwerspat, seltener mit Gips und Kreide verschnitten. Ein Gehalt an Bleisulfat ist nicht als Verschnitt anzusehen. Chromgelb ist giftig, es wird von Schwefelwasserstoff angegriffen und mit der Zeit geschwärzt. In kalter verdünnter Salzsäure löst sich Chromgelb langsam mit gelber Farbe auf, wobei sich leicht ein weißer Bodensatz von Bleichlorid bildet. In heißer konz. Salzsäure löst es sich leicht mit grüner Farbe auf, indem die Chromsäure durch die konz. Salzsäure zu Chromchlorid reduziert wird, während beim Abkühlen reines Bleichlorid in schönen Nadeln auskristallisiert. Salpetersäure löst Bleichromat schwieriger zu einer gelben Lösung. Chromgelb wird auf Zusatz von Kalilauge orange bis rot gefärbt und löst sich beim Erwärmen mit gelber Farbe vollständig auf.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Chromgelb verträgt sich nicht mit allen Farben, namentlich darf es mit Sulfidschwefel enthaltenden Farben, wie z. B. Ultramarin, Zinnober, Lithopone, Kadmiumgelb nicht gemischt werden. In Mischung mit Berlinerblau (Ferrozyaneisen) entstehen die bekannten Chromgrüne (s. d.).

Lichtechtheit: Chromgelb ist nicht lichtbeständig, es wird von den Atmosphärilien mit der Zeit etwas angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Chromgelb wird beim Erhitzen rotbraun, beim Schmelzen mit Soda auf Kohle entsteht ein Bleikorn.

Öllöslichkeit: Chromgelb ist in Leinöl nicht löslich.

Ölbedarf: Chromgelb bedarf verhältnismäßig nur wenig Öl, etwa 25—30%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Chromgelbs in Leinöl ist sehr gut, wie die aller bleihaltiger Farben.

Farbtöne nach Ostwald: Chromgelb citron: 05.06.15 — 05 na; Chromgelb N3: 07.07. 15 — 07 ma; Chromgelb 5 B: 13.05. 13 — 13 oa.

Den Farbwert des Chromgelbs bestimmt man am besten auf Grund seiner Aufnahmefähigkeit von Berlinerblau, d. h. also nach der grünfärbenden Wirkung, wobei man sich Standproben vorrätig hält, die mit unzweifelhaft reinem Chromgelb und derselben Sorte Berlinerblau hergestellt werden.

Kalkechtheit: Chromgelb ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Chromgelb ist in Spiritus nicht löslich, verändert aber mit der Zeit seine Farbe.

Deckkraft: Die Deckkraft des Chromgelbs ist sehr gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Prüfung des Chromgelbs kocht man eine kleine Probe im Reagenzglase mit konz. Salzsäure; ist es frei von Schwerspat, so erfolgt klare Lösung, die von grüner Farbe ist durch das gebildete Chromchlorid. Beim Erkalten trübt sich die Lösung, es scheiden sich weiße Kristalle von Bleichlorid ab. Nach dem Abfiltrieren und völligem Ausfällen des Bleis mit Kaliumbichromat kann das Filtrat auf Schwefelsäure und Kalk geprüft werden.

Aufbrausen beim Behandeln mit konz. Salzsäure deutet auf Kreidezusatz hin.

Bei der quantitativen Untersuchung verfährt man zweckmäßig in ganz ähnlicher Weise, indem man mit konz. Salzsäure erwärmt, mit wenig Wasser verdünnt, von etwa vorhandenem Barium- und Bleisulfat abfiltriert und diese in bekannter Weise nach dem Behandeln mit Kalilauge (s. Bleiweiß) bestimmt. Dem Filtrat, gleichgültig, ob sich inzwischen Bleichlorid ausgeschieden hat, fügt man vorsichtig Natriumkarbonat in Pulver in kleinen Gaben bis zum Überschuß — stark alkalische Reaktion — zu, gibt etwas Bromwasser hinzu und erwärmt unter dem Abzuge. Hierbei wird das ganze Blei in unlösliches Bleisuperoxyd verwandelt, Chromsäure (und ev. Schwefelsäure) bleiben als solche vollständig erhalten, während etwa vorhandene Kalksalze in unlösliches Kalziumkarbonat übergeführt werden. Ersteres kann dann nach dem Filtrieren in verd. Salpetersäure mit $^1/_5$ n Oxalsäure im Überschuß gelöst und der Gehalt an Blei mit $^1/_5$ n Kaliumpermanganatlösung titriert werden; bei Vorhandensein von Kalksalzen würde man das Unlösliche zuerst noch zweckmäßig mit Essigsäure auskochen, wodurch das ganze Kalziumkarbonat in Lösung geht und darin, wie üblich, mit Ammoniumoxalat bestimmt werden kann, während das unlösliche Bleisuperoxyd von Essigsäure nicht angegriffen wird. In dem alkalischen Filtrat vom Bleisuperoxyd verjagt man nach dem Ansäuern mit Salzsäure das Brom, reduziert die Chromsäure mit Alkohol und bestimmt sie als Chromoxyd, während in diesem Filtrate wieder nach dem Ansäuern mit Salzsäure dann auch die Schwefelsäure in der üblichen Weise ermittelt werden kann.

Verwendung: Chromgelb ist als Aquarell- und Leimfarbe zu verwenden; der Leim darf aber nicht alkalische Reaktion zeigen. Chromgelb kann hauptsächlich als Öl- und Lackfarbe Verwendung finden; es soll nach einigen Beobachtern in Öl etwas nachgrünen. Für Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben nicht verwendbar, als Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations- und *Anstrichfarbe*: Chromgelb ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoff für Chromgelb wird wohl nur Zinkgelb in Frage kommen.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Chromgelb gibt eine ganz vorzüglich zu verarbeitende Ölfarbe, während es für Tempera- und Wassermalerei ganz unbrauchbar ist. Da Chromgelb als eine Bleifarbe gegen Einwirkungen von Sulfidschwefel empfindlich ist, darf es nicht nur einer Atmosphäre, welche solchen enthält, nicht ausgesetzt, sondern auch mit gewissen Farben, wie Ultramarin, Zinnober, Lithopone, Kadmiumgelb nicht gemischt werden. Schließlich soll nicht unerwähnt bleiben, daß man bei einigen Sorten ein mehr oder weniger starkes Nachdunkeln am Licht bemerkt hat. Als Mischfarbe mit Berlinerblau erfreuen sich die Chromgelb großer Beliebtheit; sie kommen dann unter dem Namen Chromgrün (s. d.) in den Handel.

21. Chromgrüne: Grüner Zinnober, Seidengrün, Druckgrün, Milorigrün, Ölgrün. (S. a. unten, Verschnittsorten.)

Chemische Zusammensetzung: Die Bezeichnung der Chromgrüne ist nicht glücklich gewählt, da man hierunter nicht etwa das grüne Chromoxyd, sondern Mischfarben, bestehend aus gelbem Chromgelb und blauem Berlinerblau (s. d.) zu verstehen hat; richtiger wäre es gewesen, diese Mischfarben als „Chromgelbgrüne" zu bezeichnen. Aus dem Umstande, daß man unter Chromgrün eine Mischfarbe von Gelb und Blau zu verstehen hat, ergibt sich dann von selbst, daß es eine Unmenge verschiedener Varietäten gibt, je nachdem in ihnen mehr Gelb oder mehr Blau enthalten ist. Die chemische Zusammensetzung ist daher sehr verschieden (s. a. Verschnittsorten).

Chromgrün ist ein Kunstprodukt. Bei seiner Darstellung spielt zur Erzielung der feurigsten Nuance und eines gegen die verschiedenen Einflüsse möglichst widerstandsfähigen Produktes die richtige Auswahl des betreffenden Chromgelbes die wichtigste Rolle. Aber nicht allein das Gelb, sondern auch das richtig nuancierte Berlinerblau ist bei der Herstellung tadelloser Chromgrüne, besonders was deren Nuance anbelangt, von wesentlichem Einfluß. Außer den genannten Umständen ist bei der Fabrikation der Chromgrüne und der richtigen Auswahl von Gelb und Blau noch das Arbeitsverfahren selbst maßgebend. Die Darstellung geschieht namentlich auf nassem Weg und dann ist für die Fabrikation der Chromgrüne auch die Art und Weise, wie sie nach dem Verlassen der Presse getrocknet werden, sehr wichtig.

Handelsform: Chromgrüne kommen in Pulverform in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Chromgrün wird hauptsächlich mit Schwerspat, seltener Leichtspat (Gips) verschnitten. Wegen der vorzüglichen Deckkraft und des hohen Preises wird in der Deko-

rationsmalerei und Anstrichmalerei fast nur Verschnittware, von denen die beste etwa 30% Chromgrün enthält, verarbeitet. Diese pflegen dann auch unter besonderen Namen, wie Ahorngrün, Laubgrün, Moosgrün, Broncegrün, Smaragdgrün, Maigrün, Resedagrün in den Handel zu kommen, wobei aber aus der Bezeichnung kein Schluß auf die Zusammensetzung zu ziehen ist. Was einer Laubgrün nennt, bezeichnet ein anderer vielleicht als Maigrün. Auch kommt es vor, daß statt Berlinerblau irgendein blauer Teerfarbstoff, der vielleicht nicht lichtecht ist, verwendet wird; derartige Produkte sind als Chromgrüne zu beanstanden.

Verhalten: Chromgrüne sind giftig, sie werden von Schwefelwasserstoff angegriffen, ebenso von Säuren, da das Chromgelb in dem Grün schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit zerstört wird. Chromgrüne werden durch Alkalien sehr leicht angegriffen und geben dann gelbe Lösungen und gelbbraunen Bodensatz.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Chromgrüne können mit allen Farben gemischt werden, mit denen Chromgelb und Berlinerblau gemischt werden können.

Lichtechtheit: Chromgrüne sind ziemlich lichtbeständig und werden in Öl von den Atmosphärilien wohl kaum angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Chromgrüne liefern beim Erhitzen einen braunen Rückstand.

Öllöslichkeit: Chromgrüne sind in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf der Chromgrüne ist, sofern dieselben frei von Schwerspat sind, dem des Chromgelbs ähnlich, also ein mittlerer.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit der Chromgrüne in Leinöl ist gut.

Farbtöne nach Ostwald: Permanentgrün dunkel: 83.07.62 — 83 md, Permanentgrün hell: 85.18.33 — 85 hc.

Kalkechtheit: Chromgrüne sind nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Chromgrüne sind in Spiritus nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft der Chromgrüne ist sehr gut; sie können sehr wohl mit 70% Schwerspat verschnitten sein, ohne daß die Deckkraft wesentlich gelitten hätte.

Sonstige Eigenschaften: Chromgrüne besitzen nicht den reinen und feurigen Ton, wie die mit Zinkgelb hergestellten grünen Mischfarben, da das Chromgelb dem reinen Spektralgelb weniger nahe kommt als das Zinkgelb, sie sind jedoch tiefer im Ton als diese, da das Zinkgelb nicht so ausgiebig ist wie Chromgelb.

Prüfung und Untersuchung: Chromgrüne geben mit Natron- oder Kalilauge gelbe Lösungen und braunen Bodensatz von Eisenhydroxyd; ist letzterer nach dem Filtrieren und guten Auswaschen nicht völlig in Salzsäure löslich, sondern hinterbleibt ein weißer Rückstand, so zeigt dieser Schwerspat an. Die alkalische Lösung muß auf Zusatz von Eisenchlorid und Salzsäure sofort blau werden; ist dies nicht der Fall, so enthält das Chromgrün nicht Berlinerblau, sondern irgendeinen anderen blauen Farbstoff. Auch soll die alkalische Lösung mit Schwefelammonium sofort schwarz werden zum Unterschied von mit Zinkgelb gemischten Farben (Zinkgrün). Zur Prüfung auf Teerfarbstoffe schüttelt man eine neue Probe mit Alkohol; grüne oder blaue Färbung zeigt die Anwesenheit von Teerfarbstoffen an.

Wegen der quantitativen Untersuchung sei auch auf die Abhandlung von Amsel in der Z. f. angew. Ch. 1897 „Zur Untersuchung von Chromgelb" verwiesen. Die einfachste Methode dürfte Auskochen mit Kalilauge und dann mit Salpetersäure sein; man erhält so den reinen Schwerspat, der abfiltriert und bestimmt werden kann, während das alkalische und salpetersaure Filtrat nach der Vereinigung wie beim Chromgelb mit Natriumkarbonat und Bromwasser behandelt werden kann. Nach erfolgter Filtration kann in dem Unlöslichen Eisenhydroxyd und Bleisuperoxyd, ersteres durch Erwärmen mit verdünnter Salpetersäure gelöst und in der Lösung mit Ammoniak gefällt und bestimmt werden, während das unlösliche Bleisuperoxyd mit verd. Salpetersäure und $^1/_5$ n Oxalsäure behandelt und mit $^1/_5$ n Permanganatlösung titriert werden kann. In dem alkalischen Filtrat kann, wie bei Chromgelb angegeben, Chromsäure und etwa anwesende Schwefelsäure ermittelt werden.

Verwendung: Chromgrüne sind als Aquarell- und Leimfarbe gut zu verwenden, besonders gut sind sie als Leinöl- und Lackfarben zu gebrauchen. Dagegen sind sie für Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben ungeeignet.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Chromgrüne sind sowohl als Künstler- wie auch als Dekorations- und Anstrichfarben zu verwenden.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Chromgrüne kommen wohl hauptsächlich die verschnittenen Chromgrüne, sowie solche, die statt Berlinerblau einen Teerfarbstoff enthalten, in Betracht; ev. auch Zinkgrüne.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Die bedeutende Deckkraft

der Chromgrüne macht sie zum ausgiebigsten Vermischen mit anderen Farben, namentlich aber auch zum Verschneiden mit Schwerspat geeignet, so daß es möglich ist, Chromgrüne in fast jeder Preislage herzustellen. Wenn die Chromgrüne auch nicht völlig lichtbeständig sind, so finden sie doch als Außenanstrichfarben, namentlich in Öl, reichliche Anwendung; sie sind aber auch zum Tapeten- und Steindruck geeignet, in der Tapetenfabrikation sind sie unter dem Namen Druckgrün, in der Lithographie als Seidengrün bekannt.

Infolge der bekannten Empfindlichkeit sowohl des Chromgelbs, als auch des Berlinerblaus gegen alkalische Einflüsse sind Anstriche selbst in Öl überall da zu vermeiden, wo derartige Einflüsse zu befürchten sind. In gleicher Weise sind Anstriche mit Chromgrün gegen Säuren zu schützen, denn wenn auch das Berlinerblau den Säuren widersteht, so wird das Chromgelb des Grüns doch meist nach kurzer Zeit zerstört oder doch wenigstens in die strohfarbene Modifikation übergeführt, die das Grün unansehnlich macht. Dies tritt namentlich bei den Chromgrünen am unangenehmsten auf, die nur wenig Berlinerblau enthalten, also heller sind.

Bei Leimfarbenanstrichen mit Chromgrün ist zu beachten, daß der Leim nicht nur völlig neutral sein muß, sondern namentlich auch, daß die Vermischung nicht in heißem Zustande vorgenommen wird, da das im Chromgrün enthaltene Chromgelb dadurch leicht orangefarbig wird und das Grün dadurch einen olivenen Farbenton annimmt.

22. Chromocker, Metallocker.

Chemische Zusammensetzung: Chromocker ist ein Gemenge von Ocker (s. d.) und Chromgelb (s. d.).

Er ist ein Kunstprodukt. Zu seiner Darstellung werden reine Ockersorten mit reinem oder schon mit Schwerspat versetztem Chromgelb in bestimmten Verhältnissen zuerst auf Kollergängen gut vermischt und die Mischung danach behufs innigerer Verarbeitung durch einen Mahlgang oder eine Schlagmühle laufen gelassen. Es sei hier aber darauf aufmerksam gemacht, daß sich mit den meisten Ockerarten und den reinen Chromgelbs viel schwieriger eine innige Verbindung erzielen läßt, als mit den schwerspathaltigen.

Handelsformen: Chromocker kommt in Pulverform in den Handel, von fast rein hochgelber bis tief bräunlichoranger Färbung.

Verschnittsorten und Verfälschung: Chromocker kann als verfälscht gelten, wenn er statt Chromgelb gelbe Teerfarbstoffe enthält.

Verhalten: Chromocker ist giftig, wird durch Schwefelwasserstoff etwas geschwärzt, von verd. Säuren wenig angegriffen, von starken dagegen erheblich, indem sich sowohl das Bleichromat, als auch das Eisenoxyd des Ockers auflösen, während Schwerspat oder Silikate aus dem Ocker als grauweiße Masse ungelöst zurückbleiben. Durch Kochen mit Alkalien wird Chromocker in der Weise verändert, daß sich das Bleichromat mit gelber Farbe vollständig auflöst; auch in der Kälte färbt sich die Lauge schon gelb.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Chromocker darf mit sulfidschwefelhaltigen Farben, wie Ultramarin, Zinnober, Lithopone und Kadmiumgelb nicht gemischt werden.

Lichtechtheit: Chromocker ist je nach dem Gehalt an Chromgelb mehr oder weniger lichtecht, er wird von den Atmosphärilien nur wenig, in Öl wohl kaum angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Chromocker wird beim Erhitzen dunkel, braun bis rot.

Öllöslichkeit: Chromocker ist in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Chromocker bedarf ziemlich viel, meist 50—70% Öl.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Chromockers in Leinöl ist gut.

Farbtöne nach Ostwald: Chromocker hell: 09.16.35 — 09 ib; Chromocker dunkel: 14.04.35 — 14 pb.

Kalkechtheit: Chromocker ist nicht völlig kalkecht.

Spritlöslichkeit: Chromocker ist in Spiritus unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Chromockers hängt von der Menge des Chromgelbs ab; im allgemeinen kann sie als mittel bis gut bezeichnet werden.

Prüfung und Untersuchung: Bei der Prüfung des Chromockers ist wohl nur auf Feststellung des Vorhandenseins von Chromgelb Rücksicht zu nehmen; letzteres kann leicht dadurch nachgewiesen werden, daß man eine kleine Probe mit etwas Kalilauge erwärmt und filtriert; die Lösung muß gelb gefärbt erscheinen und auf Zusatz von überschüssiger Essigsäure einen gelben Niederschlag von Bleichromat geben. Zum Nachweis von Teerfarbstoffen schüttelt man eine kleine Probe mit Spiritus; bleibt letzterer farblos, so dürften Teerfarbstoffe nicht zugegen sein.

Verwendung: Chromocker kann als Aquarell- und Leimfarbe verwendet werden, wird aber wohl ausschließlich nur als Öl- und Lackfarbe Verwendung finden. Er ist für Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben nicht geeignet, auch für die Mineralmalerei in Wasserglas nicht besonders geeignet.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Chromocker ist sowohl Künstler-, als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Chromocker dienen mit Teerfarbstoffen geschönte Ocker.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Chromocker ist hauptsächlich als Öl- und Lackfarbe, ganz besonders auch für Fußbodenanstriche zu verwenden; man darf daher den Zusatz des Chromgelbs zum Ocker nicht oder wenigstens nicht immer als eine Schönung ansehen, um aus einem gewöhnlichen Ocker einen Goldocker herzustellen, sondern vielmehr um seine Trockenfähigkeit und Härte namentlich als Fußbodenanstrich zu verbessern.

23. Chromorange: engl.: Chrome orange; franz.: Orangé de chrome. Unter Chromorange versteht man ein Bleichromat, das je nach der Art der Darstellung in sattes Chromorange bis Chromrot übergeht. Man kann es auch als ein Gemenge von Chromgelb und Chromrot auffassen. Näheres s. 25.

24. Chromoxydgrün. Man kennt zwei Arten von grünen Chromoxydfarben: a) Chromoxyd deckend und b) Chromoxydgrün lasierend.

a) Chromoxydgrün deckend: Chromoxyd, engl.: Chrome oxyde; franz.: Oxyde de chrome.

Chemische Zusammensetzung: Cr_2O_3. — Es ist ein Kunstprodukt. Seine Darstellung erfolgt durch Reduktion von chromsauren Salzen, wie z. B. Kaliumbichromat.

Handelsformen: Chromoxydgrün kommt als grünes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Chromoxydgrün wird namentlich mit Schwerspat und anderen weißen Pigmenten verschnitten.

Verhalten: Es ist nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen und auch von den stärksten Säuren kaum angegriffen, ist also sehr säurebeständig. Chromoxydgrün wird von Alkalien nicht angegriffen, auch nicht von Schwefelalkalien.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Chromoxydgrün kann mit allen anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Chromoxydgrün ist sehr beständig gegen Lichteinwirkung, wird auch von Atmosphärilien nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Chromoxydgrün wird beim Erhitzen nicht verändert, bei sehr starkem Glühen wird es oberflächlich blau.

Öllöslichkeit: Chromoxydgrün ist in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Chromoxydgrün beansprucht mittlere Ölmengen, etwa 30%.

Trockenfähigkeit: Chromoxydgrün trocknet in Leinöl nur langsam.

Farbton nach Ostwald: 90.06.80 — 90 ng.

Kalkechtheit: Chromoxydgrün ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Chromoxydgrün ist in allen Säuren und Alkalien unlöslich; es darf bei dieser Behandlung weder seine Farbe verändern, noch an die betreffenden Reagentien etwas abgeben. Nur beim Schmelzen mit Soda und Salpeter wird Chromoxydgrün wieder in Chromsäure bzw. chromsaures Alkali verwandelt, das in Wasser mit gelber Farbe löslich ist. Zur quantitativen Untersuchung verfährt man in gleicher Weise, indem man eine gewogene Menge durch Schmelzen mit der sechsfachen Menge Alkalikarbonat und der doppelten Menge Salpeter in Chromate verwandelt, die Schmelze mit Wasser auslaugt. In der wäßrigen, mit Salzsäure angesäuerten Lösung wird die Chromsäure mit Spiritus zu Chromchlorid reduziert und dieses dann in der bekannten Weise mit Ammoniak als Chromhydroxyd gefällt, durch Glühen in Chromoxyd verwandelt und als solches gewogen.

Verwendung: Zu Aquarell- und Leimfarben gut verwendbar, auch für Öl- und Lackfarben, Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben und als Wasserglasfarbe gut zu verwenden.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Chromoxydgrün kann wohl nur als Künstler- und Dekorationsfarbe verwendet werden, da als Anstrichfarbe der hohe Preis hinderlich sein dürfte.

Ersatzstoffe: Als Ersatz für Chromoxydgrün werden die gemischten Chromgelbgrüne, welche auch kurz Chromgrüne genannt werden, benützt.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Die hervorragenden Eigenschaften der Chromoxydgrüne, nämlich vollkommene Unveränderlichkeit im Lichte und Indifferenz gegen chemische und thermische Einflüsse aller Art, lassen das Chromoxydgrün gewissermaßen als den grünen Farbstoff par excellence erscheinen. Dem stehen aber doch einige Bedenken gegenüber, indem das gepulverte Chromoxyd nach der zum Anstrich geeigneten Vermahlung nur ein graugrünes Pulver von sehr geringer Intensität und Deckkraft darstellt, sowie der ungemein hohe Preis. Die Anwendung des Chromoxydgrüns ist daher namentlich wegen der Preisfrage nur auf bestimmte Zwecke der Technik, wie z. B. die Herstellung

von Banknoten, Wertpapieren und auf die Kunst- und Porzellanmalerei beschränkt.

b) Chromoxydgrün, lasierend: Guignetgrün, Chromoxydgrün feurig, Smaragdgrün, Arnaudongrün, Matthieu Plessy-Grün, Pannetiergrün.

Zum Unterschied von dem Chromoxydgrün deckend sei hier das lasierende Chromoxydgrün immer mit Guignetgrün bezeichnet. Engl.: Viridian; franz.: Vert émeraude.

Chemische Zusammensetzung: Guignetgrün ist in chemischem Sinne Chromoxydhydrat von der Formel $Cr_2H_4O_5$ oder $Cr_2O_3 + 2H_2O$. — Es ist ein Kunstprodukt. Zu seiner Darstellung geht man ebenfalls vom Kaliumbichromat aus, indem man ein Gemenge von 3 Teilen Kaliumbichromat mit 8 Teilen Borsäure sorgfältig bis zur dunklen Rotglut erhitzt. Hierdurch entsteht ein grüner Schmelzkuchen von Kaliumborat und Chromoxydhydrat, aus dem mit kochendem Wasser das erstere ausgezogen wird, während das letztere nach dem Trocknen als leuchtend grünes Pulver erhalten wird.

Handelsformen: Guignetgrün kommt als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Guignetgrün wird häufig mit Barytweiß verschnitten.

Verhalten: Es ist nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, auch von Säuren nicht, nur starke kochende Schwefelsäure greift es etwas an. Guignetgrün ist gegen Alkalien, auch Schwefelalkalien sehr beständig.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Guignetgrün kann mit allen anderen Farben gemischt und verarbeitet werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Guignetgrün wird beim Erhitzen in das deckende Chromoxydgrün, also in das wasserfreie Cr_2O_3 verwandelt.

Öllöslichkeit: Guignetgrün ist in Leinöl nicht löslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Guignetgrüns ist recht erheblich, man kann wohl 100% rechnen.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Guignetgrüns in Leinöl ist langsam; daher ist eine größere Zugabe von Sikkatif erforderlich.

Farbton nach Ostwald: Chromoxydgrün feurig: 83.02.78 = 83 sc.

Kalkechtheit: Guignetgrün ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Guignetgrüns ist weniger gut, nur lasierend. Reines Guignetgrün ist keine deckende, sondern nur eine lasierende Farbe.

Verwendung: Guignetgrün kann in allen Techniken Verwendung finden.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Wegen seines hohen Preises findet reines Guignetgrün nur in der Kunstmalerei Anwendung; für die Zwecke der Dekorations- und Anstrichmalerei wird es mit Schwerspat und anderen weißen Pigmenten verschnitten.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Guignetgrün kommen grüne Erden, oft mit Teerfarbstoffen geschönt, in Betracht.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Da Guignetgrün nur eine lasierende, keine deckende Farbe ist, muß es mit anderen, gut deckenden Farben in geeigneten Verhältnissen gemischt werden. Hiefür haben sich besonders die gelben Chromfarben, namentlich die Zinkgelbs bewährt. Durch diese Vermischung werden ganz neue Farben, die als Permanent- oder Viktoriagrüne in den Handel kommen, erzielt, die natürlich nicht mehr die hervorragenden Eigenschaften des reinen Guignetgrüns besitzen, deren gute Deckkraft nun aber auch erlaubt, sie in der Dekorations- und Anstrichmalerei zu verwerten. Wenn nun auch die Lichtechtheit dieser Farbenmischung bestehen bleibt, auch die Widerstandsfähigkeit gegen die ätzenden Eigenschaften des Kalkes sich nur unbedeutend verringert, muß doch mit der Empfindlichkeit gegen Säuren gerechnet werden, indem Zinkgelb, das schon in Wasser etwas löslich ist, gegen Säuren gar keine Widerstandsfähigkeit besitzt. Es muß daher überall da ein Anstrich mit diesen gemischten Farbstoffen unterbleiben, wo Einflüsse von Säuren, selbst in Form schwach säurehaltiger Dämpfe vorhanden sind.

Chromoxydhydrat s. 24.

25. Chromrot: Chromzinnober, Persischrot, Wienerrot. Engl.: Chrome red, Austrian cinnober; franz.: Rouge de chrome.

Chemische Zusammensetzung: Chromrot ist als basisches Bleichromat von der Formel $PbCrO_4.Pb(OH)_2$ anzusehen. Es ist ein Kunstprodukt, das man darstellt, indem man basisches Bleiazetat mit neutralem Kaliumchromat fällt und zum Kochen erhitzt oder indem man zunächst ein Gemisch von neutralem Bleichromat und Bleisulfat darstellt und es mit Kalilauge erwärmt. Bei der Darstellung ist besonders darauf zu achten, das Kristallinischwerden der Niederschläge zu verhindern, da dadurch die Deckfähigkeit, sowie der Farbton beeinflußt wird.

Handelsformen: Wie Chromgelb.
Verschnittsorten: Wie Chromgelb.
Verhalten und Giftigkeit: Chromrot ist giftig. Es wird durch Schwefelwasserstoff etwas geschwärzt und verhält sich gegen Säuren ganz ähnlich wie Chromgelb, nur ist es noch etwas schwerer löslich. Chromrot ist in starker heißer Kalilauge mit gelber Farbe löslich; ein Rückstand deutet auf fremde Beimengungen.
Verträglichkeit mit anderen Farben: s. Chromgelb.
Lichtechtheit: Chromrot ist ziemlich, wenn auch nicht ganz lichtbeständig, immerhin aber besser als Chromgelb. Es ist für sich allein nicht vollständig widerstandsfähig gegen die Atmosphärilien, wohl aber in Leinöl.
Hitzebeständigkeit: Chromrot wird beim Erhitzen rotbraun.
Öllöslichkeit: Chromrot ist in Leinöl nicht löslich.
Ölbedarf: Chromrot bedarf etwa 35—40% Öl, der Ölverbrauch kann daher als mittel bezeichnet werden.
Trockenfähigkeit: Chromrot trocknet in Leinöl rasch.
Farbton nach Ostwald: 24.01.46 — 24 vc.
Kalkechtheit: Chromrot ist wohl als kalkecht zu bezeichnen.
Spritlöslichkeit: Nicht löslich.
Deckkraft: Die Deckkraft des Chromrot ist gut.
Prüfung und Untersuchung: wie Chromgelb.
Verwendung: Für Aquarell- und Leimfarben verwendbar, hauptsächlich für Öl- und Lackfarben zu gebrauchen; es darf jedoch nur angerührt und nicht verrieben werden. Für Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben verwendbar, für die Mineralmalerei in Wasserglas nicht geeignet.
Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Chromrot ist sowohl als Künstler- wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe geeignet.
Ersatzstoffe: Ersatzstoffe für Chromrot sind nicht bekannt; es würden die für Bleimennige und Zinnober verwendeten in Frage kommen.
Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Chromrot kann sowohl in Öl als auch für Tempera- und Wassermalerei verwendet werden, dagegen ist es nicht für Wasserglasmalerei geeignet; wie Chromgelb darf auch Chromrot nicht in einer Atmosphäre von Schwefelwasserstoff bzw. in Mischungen mit solchen Farben, die Sulfidschwefel enthalten, also z. B. Ultramarin, Lithopone, Kadmiumgelb verarbeitet werden.

Chromzinnober s. 25.

26. Cölinblau: Coeruleum.
Chemische Zusammensetzung: Cölinblau ist ein Kieselsäure enthaltendes zinnsaures Kobaltoxydul, das ungefähr aus 50% Zinnsäureanhydrid, 20% Kobaltoxydul und 30% Kieselsäure (Siliziumdioxyd) besteht. Es ist ein Kunstprodukt und wird dargestellt, indem man Kobaltchlorid mit gelöstem zinnsauren Kalium fällt, den Niederschlag von zinnsaurem Kobalt mit Wasser auswäscht, mit Kieselerde mischt und glüht; im letzteren Falle besteht es aus Kobaltoxydul mit wechselnden Mengen von Zinnoxyd und Kaliumsulfat.
Handelsformen: Cölinblau kommt in Pulverform in den Handel.
Verschnittsorten und Verfälschung: Cölinblau wird hauptsächlich mit Schwerspat verschnitten.
Verhalten: Cölinblau ist, wenn rein, d. h. arsenfrei, nicht giftig. Es wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, auch nicht von verdünnten Säuren; mit konz. heißer Salpeter- oder Schwefelsäure entstehen rötliche Lösungen. Von Alkalien wird es nicht angegriffen.
Verträglichkeit mit anderen Farben: Cölinblau kann mit allen Farben gemischt werden.
Lichtechtheit: Lichtecht.
Atmosphärilien: Nicht angegriffen.
Hitzebeständigkeit: Cölinblau bleibt auch bei sehr starker Glühhitze unverändert.
Öllöslichkeit: Cölinblau ist in Leinöl unlöslich.
Ölbedarf: Der Bedarf des Cölinblaus an Leinöl ist ein mittlerer.
Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Cölinblaus ist gut.
Kalkechtheit: Cölinblau ist kalkecht.
Spritlöslichkeit: Unlöslich.
Deckkraft: Die Deckkraft des Cölinblaus ist gut, da es die einzige Kobaltfarbe ist, die nicht körnig ist.
Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Prüfung erhitzt man je eine kleine Probe in verd. Salzsäure, Salpetersäure und Kalilauge, wobei Cölinblau nicht angegriffen werden darf; nur heiße konz. Salpetersäure oder konz. Schwefelsäure geben rötliche Lösung. Durch Schütteln mit Alkohol darf dieser nicht gefärbt werden. Die quantitative Untersuchung ist schwierig, sie wird am besten nach Treadwell, Quantitative chemische Analyse, (Leipzig u. Wien, 1905 S. 101.) vorgenommen.

Coeruleum s. 26.
Cyprische Erde s. 90.
Cyprische Umbra s. 90.
Deckgrün s. 21, 24.
Deckweiß s. 58.
Diamantgrau s. 96.

27. Dolomit: Magnesit. Engl. und franz.: Dolomite.

Chemische Zusammensetzung: Dolomit in reinem Zustande besteht aus einem Gemenge von Magnesiumkarbonat und Kalziumkarbonat. Das in der Natur vorkommende Gestein wird fein gemahlen und ev. geschlämmt.

Handelsform: Pulver.

Verschnittsorten und Verfälschung: Verschnitt von Dolomit sind kaum bekannt.

Verhalten: Da Dolomit im eigentlichen Sinne keine Anstrichfarbe ist, sondern nur höchstens als Substrat für Lackfarben Verwendung findet, braucht hier nicht näher auf seine Eigenschaften eingegangen zu werden. Die Prüfung des Dolomits erfolgt in ähnlicher Weise wie bei Kreide (s. d.); die quantitative Untersuchung wird neben Kalk auch noch eine Magnesiabestimmung im Filtrat vom ersteren durch Fällen mit Natriumphosphat vorsehen. Außerdem kann noch eine Kohlensäurebestimmung aus dem Glühverlust der bei 100° C getrockneten Masse bzw. direkt in der üblichen Weise ausgeführt werden.

28. Drachenblut: engl.: Dragons blood; franz.: Sang de dragon. Unter diesem Sammelnamen werden eine Anzahl einander ähnlicher Baumharze zusammengefaßt; als bestes gilt das Palmendrachenblut von Dalmenotrops Draco. Außer diesem kennt man auch das Sokotradrachenblut. Ersteres kommt in hellbraunen Stangen gegossen in den Handel, letzteres in derben Massen von hellblutroter Farbe.

Das echte Drachenblut ist in Alkohol und Äther leicht löslich und kann leicht erkannt werden, indem man gepulvertes Drachenblut mit Äther heiß extrahiert, die Lösung mit abs. Alkohol versetzt und erkalten läßt; war Drachenblut zugegen, so entsteht ein weißer flockiger Niederschlag von Drachenblut.

Drachenblut wird in der Aquarellmalerei als Farbstoff verwendet, ist aber wenig lichtecht; außerdem dient Drachenblut zur Rotfärbung von Firnissen, Polituren, Toilettenartikeln.

Druckgrün s. 21.
Dümontsblau s. 84.
Ecarlet s. 73.
Eisenachergrün s. 51.
Eisenbahngrün s. 21.
Eisenbraun s. 68.

29. Eisenmennige: engl.: Minium of iron; franz.: Minium de fer.

Chemische Zusammensetzung: Eisenmennige ist ein dem Englischrot sehr ähnliches Produkt, das aus Eisenoxyd und Ton bzw. Kieselsäure in abwechselnden Mengen besteht. Es ist ein Kunstprodukt, das man aus einem möglichst reinen, sehr eisenreichen Stufenerze darstellt, das namentlich in der bayerischen Oberpfalz in größeren Mengen bergmännisch gewonnen wird, oder aus den sog. Pyritrückständen (s. Schwefelkies) durch starkes Glühen in besonders konstruierten Flammöfen, wodurch sie alles Hydratwasser verlieren. Die so vorbereiteten Erze kommen dann in Pochwerke, wo sie gepulvert und durch geeignete Schlämmvorrichtungen von dem sie begleitenden Quarz wenigstens z. T. befreit werden. Das so erhaltene Produkt wird in einer Mühle durch gußeiserne Walzen fein gemahlen, schließlich gesiebt und als staubfeines Pulver erhalten. Einige Chemiker schreiben ein umgekehrtes Verfahren vor, indem sie die Eisenerze zuerst pochen, mahlen und schlämmen; die geschlämmte, lufttrocken gemachte Masse wird dann in eisernen Zylindern geglüht. Die geglühte Masse kann dann ebenfalls, wie vorher, staubfein gemahlen und gesiebt werden.

Handelsformen: Eisenmennige kommt als staubfeines Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Verfälschungen der Eisenmennige kommen nur selten vor; auch Schönungen mit Teerfarbstoffen sind nahezu ausgeschlossen, da der Farbton der Eisenmennige ziemlich ohne Belang ist.

Verhalten und Eigenschaften: wie Englischrot.

Prüfung und Untersuchung: wie Englischrot.

Verwendung: wie Englischrot.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: wie Englischrot.

Ersatzstoffe: wie Englischrot.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Eisenmennige wird sowohl als Künstler- wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe verwendet und zwar als Aquarell-, Leim- und Temperafarbe und als Öl- und Lackfarbe. Sie wird namentlich in letzter Zeit als Ersatzmittel für Bleimennige vielfach empfohlen, zumal sie wesentlich billiger als Bleimennige ist und sogar gewisse Vorteile bieten soll (s. auch Bleimennige). Die große Härte und Widerstandsfähigkeit der Eisenmennige in Ölanstrichen lassen sie im Gegensatz zu Englischrot als ein gutes Rostschutzmittel verwenden.

Eisenorange s. 68.
Eisenrot s. 31.

30. Eisenschwarz: engl.: Iron black; frz.: Noir de fer.

Chemische Zusammensetzung: Eisenschwarz ist Eisenoxyduloxyd von der Formel Fe_3O_4. Es ist ein Kunstprodukt, das nach einem

patentierten Verfahren von Dr. Wülfing (Zerr u. Rübenkamp, Handb. der Farbenfabrikation, Berlin 1909, S. 562) in der Weise dargestellt wird, daß man schwefel- oder salzsaure Abfallaugen des Eisens mit Ammoniak fällt, wobei zur vollständigen Oxydation des Eisens während eines bestimmten Zeitraumes Luft durch das Bad getrieben wird. Das so erhaltene Fällungsprodukt stellt einen voluminösen Niederschlag von blauschwarzer Farbe dar, der sich mittels einer Filterpresse von der Chlorammonium enthaltenden Lösung leicht trennen läßt.

Handelsformen: Eisenschwarz kommt als blauschwarzes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Nicht bekannt.

Verhalten: Nicht giftig. Wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, von Säuren beim Erhitzen gelöst und von Alkalien langsam in Eisenhydroxyd verwandelt.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Eisenschwarz kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Eisenschwarz ist lichtecht und in Leinöl gegen die Atmosphärilien widerstandsfähig.

Hitzebeständigkeit: Eisenschwarz verwandelt sich beim Erhitzen in braunschwarzes Eisenoxyd.

Öllöslichkeit: Eisenschwarz ist in Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf an Leinöl beträgt etwa 35—40%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Eisenschwarzes in Leinöl ist nicht besonders gut.

Kalkechtheit: Eisenschwarz ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Eisenschwarzes ist ziemlich gut.

Verwendung: Eisenschwarz wird hauptsächlich als Schutzfarbe gegen Rostbildung auf Eisen empfohlen und fast nur in Öl oder Lack verarbeitet. Erfahrungen liegen bisher noch nicht vor.

Eislebenergrün s. 51.
Elfenbeinschwarz s. 81a.
Emailweiß s. 99, 98, 58.
Engelrot s. 31.

31. Englischrot: Engelrot, Preußischrot, Kolkothar, Caput mortuum, Totenkopf, Purpurrot, Venetianerrot. Engl.: Trip, Jewellers red; frz.: Rouge d'Angleterre.

Chemische Zusammensetzung: Englischrot in reinem Zustande ist Eisenoxyd (s. d.). Für gewöhnlich erscheint die Farbe etwas bräunlich und ist dunkler, je stärker sie geglüht wurde. Es hat das Molekulargewicht 159,7; das spez. Gew. 5,1 und ist in Wasser unlöslich. Es besteht aus 69,94% Eisen und 30,05% Sauerstoff. Englischrot ist ein Kunstprodukt, das hauptsächlich als Nebenprodukt bei anderen chemischen Fabrikaten erhalten wird, so vornehmlich als Rückstand bei der Darstellung von rauchender Schwefelsäure (nur nennt man es dann Caput mortuum vitrioli oder Kolkothar) und bei der Alaun- und Eisenvitriolbereitung als kalzinierter braunroter Eisenschlamm, der noch etwa 33% Eisenvitriol enthält und aus dem man durch starkes Glühen die Schwefelsäure austreibt. Diese Produkte sind aber noch stark verunreinigt; auch durch wiederholtes Abschlämmen ist es nicht möglich, ein völlig reines Produkt zu erhalten. Man hat daher für die Zwecke feiner Malerarbeiten besondere Wege zur Darstellung beschritten. Man stellt z. B. eine wäßrige Lösung von salpetersaurem Eisenoxyd her und setzt dazu so viel Kaliumkarbonatlösung, daß ersteres im Überschusse bleibt; man erhält so einen braunen Niederschlag von basisch salpetersaurem Eisenoxyd, den man abfiltriert, trocknet und glüht, wobei die Salpetersäure entweicht und reines Eisenoxyd zurückbleibt; man erhält so ein schönes braunrotes Oxyd. Oder man löst krist. Eisenvitriol im gleichen Gewicht Wasser, setzt Salpetersäure zu und erhitzt zum Kochen, das Eisenvitriol wird in neutr. Eisenoxydsulfat, das in Lösung bleibt und zum weitaus größten Teil in bas. Eisenoxydsulfat verwandelt, das als heller Schlamm zu Boden fällt. Dieser wird abfiltriert, getrocknet, gepulvert und so lange in tönernen Schmelztiegeln geglüht, bis keine Schwefelsäuredämpfe mehr entweichen. Wenn man die Hitze nicht zu stark werden läßt, erhält man so eine schöne hellrote Farbe, im anderen Falle ein dunkelrotes Produkt. Vielfach wird behauptet, daß diese Produkte immer leicht noch Schwefelsäure zurückhalten und es empfehlenswert sei, ihnen etwas Kreide zuzusetzen, die dann in Kalziumsulfat verwandelt wird und dem Englischrot erst seine hübsche feurige Farbe erteilt.

Handelsform: Englischrot kommt in Pulverform und als Hütchen in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Englischrot wird namentlich mit Gips, Kreide und Spat verschnitten, oft bis zu 80%.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Säuren greifen Englischrot in der Kälte kaum an; konz. Salzsäure löst es beim Erhitzen vollständig auf, Alkalien verändern Englischrot nicht.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Englisch-

rot verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Beständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Erhitzt man Englischrot auf höhere Temperaturen, so färbt es sich vorübergehend etwas dunkler, zeigt aber nach dem Erkalten wieder die frühere Farbe; es kann also als hitzebeständig bezeichnet werden.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Englischrot ist ein mittlerer, 40—50%.

Trockenfähigkeit: Englischrot trocknet in Leinöl verhältnismäßig rasch und gewöhnlich sehr fest auf.

Farbtöne nach Ostwald: Caput mortuum 1: 21.05.70 — 21 of; Caput mortuum dunkel: 21.05.77 — 21 og; Englischrot: 20.08.48 — 20 mc; Venetianischrot: 20.05.58 — 20 od.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Englischrot ist in verdünnten Säuren schwer und erst in starker Salzsäure beim Erwärmen vollständig löslich. Die Lösung sieht gelb aus. 2. Beim Erhitzen auf dem Platinblech wird Englischrot rotbraun bis schwarzbraun, beim Erkalten jedoch wieder rot. Wenn die unter 1. hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern ein Niederschlag zurückbleibt, so ist meist Verschnitt mit Spat oder Ton (Kieselsäure) vorhanden. Reines Englischrot darf beim Übergießen mit Salzsäure nicht aufbrausen, d. h. kein Kohlendioxyd, von Kreidezusatz herrührend, entwickeln. Auch darf Englischrot weder mit Alkohol noch mit einem Gemenge von Alkohol und etwas Ammoniak geschüttelt den Alkohol färben, weil sonst die Anwesenheit von Teerfarbstoffen erwiesen wäre. Auch darf die unter 1, erhaltene Lösung keinen Niederschlag mit Bariumchlorid geben (Schwefelsäure). Schließlich darf das in Wasser suspendierte bzw. mit Wasser geschüttelte und filtrierte Englischrot keine saure Reaktion zeigen. Die Bestimmung der Feinheit des Pulvers durch den Schlämmrückstand s. Bleimennige.

Die quantitative Untersuchung ermittelt den Eisengehalt nach der bekannten Weise durch Fällen der salzsauren Lösung mit Ammoniak.

Verwendung: Englischrot ist für Aquarell- und Leimfarben, Öl- und Lackfarben, Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben und als Wasserglasfarbe verwendbar.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Englischrot ist sowohl als Künstler- wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe geeignet.

Ersatzstoffe: Ersatzstoffe für Englischrot gibt es nicht, dagegen wird es mit weißen, billigen Pigmenten vermischt. Namentlich der Gipszusatz spielt bei Englischrot eine sehr große Rolle und es wird vielfach behauptet, daß der feurige, schöne Ton des Englischrot ohne erheblichen Gipszusatz nicht zu erreichen sei. Da Gips aber an der Luft leicht Wasser anzieht, kann es wohl vorkommen, daß die Farbe sich zu unbrauchbaren Klumpen zusammenballt, die selbst bei sorgfältigster Behandlung nicht mehr verarbeitet werden können.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Englischrot wird als Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe verarbeitet; es ist sowohl als Aquarell-, Leim- und Temperafarbe, wie auch als Öl-, Lack- und Wachsfarbe zu verwenden. Als Rostschutzfarbe können die verschiedenen Arten des Englischrot nicht empfohlen werden, da Englischrot durch einen, wenn oft auch nur geringen Schwefelsäuregehalt mit der Zeit doch ungünstig auf die Metalle und das Bindemittel einwirkt und daher die Rostbildung eher befördert als verhindert. Des oft hohen Gipsgehaltes wegen ist für trockene Lagerung des Englischrot Bedacht zu nehmen.

Erde, gelbe s. 68; grüne s. 36; rote s. 68.

Erlangerblau s. 7.
Erlangergrün s. 51.
Eschel s. 84.
Färbelack s. 56.
Fasergips s. 34.
Federweiß s. 60.
Fernambucklack s. 75.
Ferrizyaneisen s. 88.
Ferrozyaneisen s. 7.
Flammruß s. 81 b.
Flohbraun s. 61, 16.
Florentinerlack s. 43, 75.
Frankfurterschwarz s. 81 c.
Fußbodenfarbe s. 68, 22, 64.
Gambogium s. 37.
Garance s. 49.

32. Gelbbeeren: Kreuzbeeren, Persische Beeren. Engl.: Buckthorn berries; French berries; frz.: Graines de Pesie, Graines jaunes d'Avignon.

Chemische Zusammensetzung: Der Farbstoff der Kreuzbeeren besteht aus mehreren organischen Farbstoffen, dem Rhamnetin, Rhamnazin und Querzitrin.

Handelsformen: Gelbbeeren kommen als erbsengroße Früchte, die halbreif geerntet und dann gepulvert werden, in den Handel

oder als Extrakt, der durch Mazerieren der Beeren mit Alkohol gewonnen wird.

Verwendung: Die Gelbbeeren werden auch zum Färben und Bedrucken von Baumwolle angewendet, doch ist die Lichtbeständigkeit nur mäßig. Hauptsächlich wird aber aus den Gelbbeeren, die unter dem Namen Schüttgelb (s. 80) in der Dekorations- und Anstrichmalerei bekannte Malerfarbe dargestellt.

Gelbe Erde s. 68.
Gelbe Hausfarbe s. 68.
Gelber Karmin s. 80.
Gelber Ton s. 68.
Gelbes Ultramarin s. 5.

33. Gelbholz: engl.: Fustic; frz.: Bois jaune.

Unter Gelbholz versteht man das Stammholz des Färbermaulbeerbaums, der namentlich in Ostindien, Süd- und Zentralamerika, sowie auf den Antillen kultiviert wird.

Die Farbkraft des Gelbholzes beruht auf zwei in ihm enthaltenen organischen Farbstoffen, dem in Wasser leicht löslichen Maclurin und dem schwer löslichen Morin.

Der Gelbholzextrakt wird durch Auskochen des zerschnittenen Holzes mit Sodalösung und Eindampfen auf ein spez. Gew. von 1,041 gewonnen; die in Deutschland hergestellten Extrakte sind dickflüssig oder fest.

Gelbholz wird hauptsächlich in der Wollfärberei und besonders als Untergrund für Blauholzschwarz angewendet; auch in der Woll- und Kattundruckerei ist Gelbholz bekannt.

Für Malerzwecke findet das Morin zuweilen Anwendung, das mit essigsaurem Blei einen Bleilack von feurig gelber Farbe liefert, der aber doch die Unbeständigkeit des Gelbholzfarbstoffes besitzt und daher technisch nicht vorteilhaft zu verwenden ist.

Geraniumlack s. 75.
Giftgrün s. 51.

34. Gips: Kalziumsulfat (s. d.), Anhydrit, Leichtspat, Fasergips. Engl.: Gypsum; frz.: Plâtre. Gips führt auch die Namen Annaline und Lenzin.

Handelsformen: Gips kommt in Pulverform in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung kommen des niedrigen Preises wegen wohl nicht vor; etwaige Minderwertigkeit besteht hauptsächlich darin, daß der Gips nicht fein genug gemahlen oder geschlämmt ist und daher körnigen Charakter besitzt.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Säuren greifen Gips an, indem sie ihn auflösen. Alkalien zersetzen ihn in der Wärme.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Gips verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Gips verliert schon beim Erhitzen auf 110—120° C sein Wasser vollständig; man erhält so den gebrannten oder kalzinierten Gips, der sich wieder mit Wasser unter Erwärmen verbindet und erhärtet. Erhitzt man Gips über 200° C, so wird er totgebrannt, d. h. er vermag dann nicht mehr mit Wasser angerührt einen rasch erhärtenden Brei zu bilden und nimmt Wasser nur langsam auf, ohne zu erhärten.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Verbrauch an Öl beim Gips kann als mittel angesehen werden.

Trockenfähigkeit: Gips trocknet als Leimfarbe unter normalen Verhältnissen in einigen Stunden, in Leinöl sehr schlecht, doch dürfte eine Verarbeitung in Öl auch nicht vorkommen.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft ist nicht besonders groß.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Schütteln mit kaltem Wasser gehen nur Spuren von Gips in Lösung; beim Erwärmen mit Wasser ist Gips etwas mehr löslich, beim Kochen mit Wasser nimmt die Löslichkeit wieder etwas mehr ab. 2. In verd. Salzsäure wird Gips leicht ohne Aufbrausen vollständig gelöst; aus der salzsauren Lösung fällt Bariumchloridlösung reines unlösliches Bariumsulfat aus. 3. Ammoniumsulfat löst in der Hitze ebenfalls Gips auf, während beim Behandeln mit Ammoniumkarbonat schon bei gewöhnlicher Temperatur Umsetzungen eintreten gemäß nachstehender Gleichung:

$CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$.

Wenn die unter 3 hergestellte Lösung nicht klar ist, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat vorhanden; dieser ist nach dem Abfiltrieren in der üblichen Weise durch Schmelzen mit Alkalikarbonat aufzuschließen und zu charakterisieren.

Für die quantitative Untersuchung ist es erforderlich, außer dem Glühverlust (Wasser) noch den Gehalt an Kalzium und Schwefelsäure zu bestimmen, was in der allgemein üblichen Weise vorgenommen wird.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Gips wird als Farbe selbst nicht verwendet, nur als Substrat für Farblacke oder als Zusatz zu Eisenfarben (Englischrot) oder als Verschnittmittel

für andere Farben. Auch als Zusatz zur Leimfarbe selbst ist Gips zu empfehlen, wenn die Wände sehr wenig anziehen und die Farbe abläuft.

Glätte s. 10.
Glanzweiß s. 60.
Goldgelb s. 20.
Goldglätte s. 10.
Goldocker s. 68.
Goldsatinober s. 13.

35. Graphit: Silbergraphit; engl.: Graphite, black lead, plumbago; frz.: Mine de plomb.

Chemische Zusammensetzung: Kristallisierter Kohlenstoff in der undurchsichtigen Modifikation. Graphit ist ein Naturprodukt, das sich namentlich in Schottland, Cumberland, Sibirien, Ceylon, Passau, Westerwald, Böhmen, Mähren, Schweden findet, doch gibt es auch künstlichen, sog. Retortengraphit und Hochofengraphit; letzterer bildet sich beim Schmelzen des Eisens mit Kohle im Hochofen, ersterer bei starkem Erhitzen der im Leuchtgas enthaltenen schweren Kohlenwasserstoffe. Die Zubereitung des Graphits beschränkt sich auf Vermahlung des bergmännisch gewonnenen Graphits, sowie dessen sorgfältige Schlämmung, um ihn von dem natürlich beigemengten Sand zu trennen. Der gemahlene Graphit stellt ein Pulver von geringer Feinheit und schwärzlicher Farbe dar, während der geschlämmte bei weitem feiner ist und einen silberähnlichen Glanz besitzt, weshalb man ihn wohl auch Silbergraphit nennt.

Handelsform: Graphit kommt in Pulverform in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Graphit wird zuweilen durch Ruß oder Holzkohle verschnitten oder verfälscht.

Verhalten: Nicht giftig, wird durch Schwefelwasserstoff, Säuren und Alkalien bei gew. Temp. nicht angegriffen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Graphit kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Graphit ist selbst in starker Hitze nur ungemein schwer und nicht vollständig verbrennbar.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Graphit bedarf viel Öl, etwa 60—70%.

Trockenfähigkeit: Graphit trocknet in Leinöl recht langsam.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Graphits ist nicht besonders groß.

Prüfung und Untersuchung: Zur Prüfung des Graphits kann man eine kleine Probe im Porzellantiegel glühen; reiner Graphit wird hierdurch auch im Gewichte nicht verändert; Ruß oder Kohlenschwarzzusatz gibt sich durch Verbrennen zu erkennen.

Die Wertbestimmung des Graphits beruht auf seinem Reduktionsvermögen; nach Schwarz[1]) mischt man eine bestimmte Menge Graphit innig mit einer überschüssigen Menge von Bleioxyd, erhitzt das Gemenge in einem gut verschlossenen Tiegel bis zum Schmelzen des Bleioxyds und erhält einige Zeit auf diese Temperatur. Der durch die Reduktion sich ausscheidende Bleiregulus wird gewogen und auf 34,5 Teile metallisches Blei ein Teil reiner Graphit berechnet. In ähnlicher Weise führte man früher auch die Heizwertbestimmung in Kohle oder Koks aus.

Verwendung: In allen Maltechniken verwendbar, ist hauptsächlich Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Graphit kommen schwarzer Schiefer, sowie die Kohlenschwarze in Betracht.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Wegen der großen Widerstandsfähigkeit des Graphits allen chemischen und physikalischen Einflüssen gegenüber wäre er ein hervorragendes Anstrichmaterial, wenn er nicht andererseits nur sehr geringe Deckkraft und in Öl verarbeitet auch sehr schlechte Trockenfähigkeit besäße. Aus diesem Grunde findet Graphit in der Anstrichtechnik nur in Mischung mit Blei- oder Zinkfarben, oft auch mit Eisenoxyden (Schuppenpanzerfarbe) als Rostschutzfarbe Verwendung, wobei als Bindemittel guter abgelagerter Leinölfirnis mit etwa 10% bestem Luftlack verwendet wird. In Deutschland und dem mitteleuropäischen Norden wird der Graphit fast ausschließlich zum Wichsen eiserner Öfen benutzt.

Außerdem dient der Graphit hauptsächlich als Material für die Bleistiftfabrikation, zu welchem Zweck der fein geschlämmte Graphit mit mehr oder weniger Tonschlamm gemischt wird; aus der Masse werden dann dünne Stäbchen gepreßt und diese bei Luftabschluß geglüht. Je nach der Menge des Tonzusatzes und der Höhe der Brenntemperatur ergeben sich härtere oder weichere Stifte, die in Holz (meist von Zedern) gefaßt werden. Ferner dient Graphit in Mischung mit Mineralöl u. dgl. als Schmiermittel, besonders für Maschinen, die bei hoher Temperatur laufen.

36. Grüne Erde: Grünerde, Veronesergrün, Tyrolergrün, Seladongrün, Kaade-

[1]) Zerr u. Rübencamp, Handbuch der Farbenfabrikation, Berlin 1909, S. 185.

nergrün, Venezianergrün, Terra verde minerale. Engl.: Green earth; frz.: Terre verte.

Chemische Zusammensetzung: Unter dem Namen Grüne Erde werden natürliche Produkte mehr oder weniger tonigen Charakters von verschiedener Zusammensetzung und verschiedenen Farbnuancen zusammengefaßt. Es sind Zersetzungsprodukte bestimmter Mineralien, die aus Silikaten mit Eisenoxydulsilikat als färbendem Bestandteil bestehen.

Handelsformen: Grüne Erde kommt als ein leichtes, unfühlbares, selten etwas rauhes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Als Verschnittsorten oder Verfälschung dienen Erdfarben, die ev. mit Teerfarben oder Berlinerblau geschönt sind.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Grüne Erde wird von verd. Salzsäure, konz. Salz- oder Salpetersäure nur zum Teil gelöst unter Bildung eines grünen Bodensatzes. Durch Alkalien wird Grüne Erde wenig oder gar nicht verändert, höchstens etwas dunkler.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Grüne Erde kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Sehr lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Wird beim Erhitzen braunrot.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Grüne Erde bedarf viel Öl, etwa 100%.

Trockenfähigkeit: Grüne Erde trocknet in Leinöl nur sehr langsam.

Farbtöne nach Ostwald: 92.17.78 — 92 kg; Grüne Erde von Verona: 94.30.60 — 94 fd.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft der Grünen Erde ist nicht besonders groß, mehr lasierend.

Prüfung und Untersuchung: Echte Grüne Erde ist zum Unterschied von der Puzzuolanerde ein durch Mineralsäuren nicht völlig zersetzbares, wasserhaltiges Silikat. Sie gibt beim Kochen mit Salzsäure nur relativ wenig Eisen ab und zwar infolge eines Verwitterungsprozesses teilweise beigemengtes Eisenoxyd. Dieses beeinträchtigt den Farbton der Grünen Erde und wird für die Zwecke der Verwendung dieser Farbe in der Kunstmalerei häufig mit Salzsäure ausgezogen. Die quantitative Analyse erfolgt durch Aufschließen mittels Alkalikarbonat.

Verwendung: Für Aquarell- und Leimfarben verwendbar; als Öl- und Lackfarbe verwendbar, jedoch nur als Lasurfarbe. Als Fresko-, Kalk- und Kaseinfarbe gut verwendbar, ebenso als Wasserglasfarbe verwendbar.

Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe: Grüne Erde ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe dienen Ockerarten, die mit Teerfarbstoffen oder Berlinerblau geschönt sind.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Grüne Erde ist in allen Techniken zu verwenden, braucht aber als Ölfarbe sehr viel Öl und zeigt nur schlechte Trockenfähigkeit.

Außer der natürlichen Grünerde kommt auch gebrannte in den Handel, die einen mehr ockerbraunen Ton hat. Grünerde dient in sehr großen Mengen zur Herstellung der sog. Kalkfarben, z. B. Kalkgrün, die durch Ausfällen von basischen Teerfarbstoffen, z. B. Malachitgrün, Auramin, auf ihm hergestellt werden und eine bedeutend höhere Lichtechtheit besitzen, als diese basischen Farben für sich oder in Fällung auf andere Substrate oder als Tanninlacke.

Grüner Ocker s. 36.
Grüner Zinnober s. 21.
Grünes Ultramarin s. 89.
Grünspan s. 52.
Guignets Grün s. 24.

37. Gummigutt: Gambogium; engl.: Gamboge; frz.: Gomme gutte.

Chemische Zusammensetzung: Gummigutt ist das Harz der Garcinia Morella, einer auf Ceylon und besonders in Ostindien heimischen Pflanze. Das Harz besteht zu etwa 20% aus einem wasserlöslichen Gummi und zu 80% aus einem schwer löslichen Harz. Es gibt ein intensiv gelbes Pulver, das mit Wasser eine gelbe Emulsion gibt und auch in Alkohol und Äther nur zum Teil löslich ist.

Zur Darstellung des Gummigutts schneidet man die Rinde der Pflanzen an und läßt den ausfließenden und allmählich erhärtenden Milchsaft in Bambusröhren laufen, in denen es auch aufbewahrt wird. Entfernt man das Bambusrohr, so erhält man das erhärtete Harz.

Handelsform: Gummigutt kommt in walzenförmigen Stücken von 3—6 cm Durchmesser oder als gelbes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Gummigutt wird mit geringeren Sorten verschnitten oder durch solche ersetzt, die durch Auskochen der Blätter und unreifen Früchte der Pflanzen gewonnen werden.

Verhalten: Gummigutt ist giftig, wird von Schwefelwasserstoff und Säuren nicht

verändert, jedoch durch Alkalien und Ammoniak rot gefärbt.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Gummigutt soll nicht mit anderen Farben gemischt werden, da diese ihren Farbton ändern.

Lichtechtheit: Nicht lichtbeständig.

Atmosphärilien: Kaum angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Gummigutt erweicht bei 100° C ohne zu schmelzen und verbrennt mit Harzgeruch.

Öllöslichkeit: Gummigutt ist in Leinöl beim Erwärmen löslich.

Ölbedarf: Gummigutt bedarf viel Öl.

Trockenfähigkeit: Gummigutt trocknet in Leinöl schlecht.

Farbton nach Ostwald (starker Auftrag): 06.04.17 — 06 pa.

Kalkechtheit: Gummigutt ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Gummigutt ist in Spiritus zum Teil löslich.

Deckkraft: Gummigutt ist Lasurfarbe.

Prüfung und Untersuchung: Gummigutt ist sowohl für sich, als auch in Farbmischungen leicht zu erkennen, indem sich durch Digerieren mit Alkohol das Harz herauslösen läßt; die gelbe alkoholische Lösung, die klar abgegossen und in einer Porzellanschale verdunstet werden kann, hinterläßt das rötlichgelbe Harz, das beim Erhitzen schmilzt und mit rußender Flamme verbrennt.

Verwendung: Nur als Aquarell- und Leimfarbe, meist nur als Künstlerfarbe.

Ersatzstoffe: s. oben Verschnittsorten.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Gummigutt ist nur als Aquarellfarbe zu verwenden, blaßt im Lichte allmählich ab und zeigt in dicken Lagen infolge seiner harzigen Natur einen starken Glanz. Es wird mit blauen Pigmenten gemischt zu verschiedenen grünen Aquarellfarben, wie z. B. Hookers Grün, Preußischgrün verwendet, die alle im Lichte abblassen und den Farbton ändern.

Hamburgerblau s. 54.
Hamburgerweiß s. 17.
Hefenschwarz s. 81.
Holländerweiß s. 17.

38. Indigo.

Chemische Zusammensetzung: Indigo enthält hauptsächlich einen blauen Farbstoff, das Indigotin oder Indigoblau $C_{16}H_{10}N_2O_2$ neben geringen Mengen roter und brauner Farbstoffe. Indigo ist sowohl Natur- als auch Kunstprodukt; als Naturprodukt ist er in dem Safte einiger tropischen Pflanzen der Gattung Indigofera enthalten; als Kunstprodukt wird er von den Teerfarbenfabriken hergestellt.

Darstellung: Der natürliche Indigo wird in Indien aus den Indigopflanzen erhalten, indem man die gefiederten Blätter, sobald sie blaugrün geworden sind, in gemauerten Kufen eingepreßt mit Wasser übergießt und bis zu 14 Tagen einem Gärungsprozeß unterwirft. Die klar abgegossene Flüssigkeit wird dann in Schlagkufen mit Luftsauerstoff gemengt und setzt blaue Flocken des Farbstoffes ab. In neuester Zeit wird Indigo fast nur künstlich auf chemischem Wege gewonnen.

Handelsform: Indigo kommt als blaues Pulver in den Handel.

Verschnittsorten und Verfälschung: Indigo wird namentlich mit Gips und Kreide verschnitten, zuweilen auch mit Stärke.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; verd. Säuren greifen Indigo auch in der Wärme nicht an; starke Säuren, wie Salpetersäure und Schwefelsäure verändern den Farbstoff. Indigo wird von verdünnten alkalischen Laugen nicht angegriffen; heiße starke Laugen geben gelbe Lösungen, die auf Säurezusatz wieder blau werden.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Indigo wird am besten nur für sich verwendet.

Lichtechtheit: Je nach dem Bindemittel sehr verschieden.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Naturindigo verglimmt beim starken Erhitzen an der Luft mit Hinterlassung reichlicher Mengen von Asche; beträgt letztere mehr als 10%, so lassen diese auf Zusatz mineralischer Stoffe, wie Schiefer, Sand, Kreide, Graphit, schließen.

Öllöslichkeit: Indigo ist in Leinöl etwas löslich.

Ölbedarf: Indigo bedarf viel Öl, etwa 80%.

Trockenfähigkeit: Indigo trocknet in Leinöl nur langsam.

Farbtöne nach Ostwald (auf Kreide) konzentriert: 50.02.94—50 sg; verdünnt: 57.14.73—57 ic.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Indigos ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur Prüfung des Indigos und namentlich zur Unterscheidung von Berlinerblau erhitzt man ihn in einem trockenen Reagenzglase; er sublimiert dann mit prachtvoll violetter Farbe und verbreitet hierbei unter teilweiser Verbrennung einen fäkalartigen Geruch. Bei starkem Erhitzen verbrennt er, ev. unter Hinterlassung eines Rückstandes, wodurch Verschnitte mit mineralischen Stoffen, wie Sand, Kreide, Graphit, leicht nachgewiesen werden können.

Konz. Salpetersäure verwandelt den

blauen Farbstoff in rotgelbes Isatin, was besonders charakteristisch für Indigo ist.

Verwendung: Indigo ist als Aquarell- und Leimfarbe wohl verwendbar, verblaßt aber etwas. Öl- und Lackfarbe gut verwendbar. Fresko-, Kalk- und Kaseinfarben nicht verwendbar. Wasserglasfarbe: nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Indigo ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe; eine weit größere Bedeutung besitzt er aber als Textilfarbstoff.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Der Indigo besitzt in seiner Verwendung als Textilfarbstoff und als Anstrichfarbe eine Eigenschaft, die er mit vielen anderen organischen blauen Farbstoffen, auch mit dem Berlinerblau, teilt, nämlich im Ton je nach der Dicke des Auftrages vom lichten Himmelblau bis zu einem kupferglänzenden Blauschwarz zu variieren. Um also einen bestimmten Farbton festzuhalten, muß der Indigo mit Verdünnungsmitteln versehen werden.

Wirtschaftliches: Die Einfuhr an Indigo im Jahre 1912 betrug 80 t im Werte von 508000 M., die Ausfuhr 24807 t im Werte von 54214000 M.

39. Indischgelb: Pürree Lackfarbe; engl.: Indian yellow; frz.: Jaune Indienne.

Chemische Zusammensetzung: Indischgelb zählt zu den Lackfarben und ist das Magnesiumsalz der Euxanthinsäure. Gräbe[1]) gibt die prozentische Zusammensetzung des Indischgelb wie folgt an: Euxanthinsäure 51,0%, Kieselsäure und Tonerde 1,3%, Magnesium 4,2%, Kalzium 3,4%, Wasser und flüchtige Substanzen 39,1%. Indischgelb ist ein Naturprodukt; künstlich Indischgelb herzustellen, ist bisher noch nicht gelungen. Es soll in Indien aus dem Harn von Kühen gewonnen werden, die bestimmte Pflanzen als Futter erhalten. Das Handelsprodukt, welches Piuri heißt, wird von der erdigen Kruste befreit, mit kochendem Wasser gewaschen und wird dann direkt als Farbe verwendet.

Handelsform: Faustgroße Knollen von außen brauner, innen lebhaft gelber Farbe.

Verschnittsorten und Verfälschung: Als Verschnitt für Indischgelb kommen in erster Linie Lacke aus natürlichen und Teerfarbstoffen, sowie andere organische Farben in Betracht. Zu ersteren gehören namentlich die sog. Gelblacke, d. h. Farblacke aus den Farbstoffen der Gelbbeeren, des Kreuzdorns, der Färbereiche, des Wau und der wilden Reseda; ein weiteres Surrogat organischer Natur ist der Naphtolgelblack. Außerdem kommen unter dem Namen Indischgelb noch Lacke des Azogelbs vor, während von den anorganischen Farben namentlich Kobaltgelb oder Aureolin in Betracht kommen, ev. auch noch Kadmiumgelb und Chromgelb.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, wird aber von Säuren angegriffen; kocht man eine Probe mit Wasser und setzt dann Salzsäure zu, so verschwindet sofort die gelbe Farbe (Unterschied von anderen gelben Lacken). Auf Zusatz von Ammoniak zu der mit Salzsäure zerlegten Farbe erhält man eine klare hochgelbe Lösung. Bei direkter Behandlung mit Alkalien wird Indischgelb ebenfalls zersetzt.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Indischgelb kann mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Beim Erhitzen des Indischgelb auf dem Platinblech tritt Schwärzung infolge Kohleabscheidung ein; beim Glühen hinterbleibt eine weiße Asche von Magnesia.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Indischgelb bedarf viel Öl, etwa 100%.

Trockenfähigkeit: Indischgelb trocknet in Leinöl sehr langsam.

Farbton nach Ostwald: 08.05.19 — 08 oa.

Kalkechtheit: Indischgelb ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft von Indischgelb ist schlecht; es ist eine Lasurfarbe.

Ersatzstoffe s. Eibner, Techn. Mittn. f. Malerei, 1905, 164.

Prüfung und Untersuchung: Ein Stückchen der Farbe auf einem Platinblech erhitzt, zeigt Schwärzung infolge Abscheidung von Kohle; bei weiterem, stärkerem Erhitzen verbrennt die Kohle allmählich und es hinterbleibt eine weiße Asche, die in Salzsäure vollkommen löslich sein muß. Andererseits kann man ein Stückchen Indischgelb mit destilliertem Wasser kochen, bis es verteilt ist und setzt zu der erhaltenen Suspension des Farbstoffes Salzsäure; es muß alsdann sofort seine gelbe Färbung verschwinden; das Filtrat muß farblos sein und Magnesia enthalten. Ein Indischgelb, dessen Farbton bei dieser Behandlung, wenn auch nur teilweise erhalten bleibt, ist verdächtig.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe gut verwendbar; zu Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und als Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Indisch-

[1]) Eitner, Malmaterialienkunde, Berlin 1909, S. 197.

gelb ist sowohl Künstler- als Dekorations- und Anstrichfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Indischgelb ist eine beliebte Leimfarbe. Als Ölfarbe sollen manche Sorten — vielleicht auch nur unvollkommen gereinigte — Nachdunkeln im Lichte gezeigt haben, dem aber dadurch vorgebeugt werden kann, daß die Farbe mit Mohnöl oder aber mit Leinöl, welches zuvor mit Manganborat behandelt worden war, angerieben wird. Der allgemeinen Verwendung des Indischgelb steht dessen hoher Preis entgegen und es wäre zu wünschen, wenn es gelänge, Indischgelb auf andere billigere Weise herzustellen.

Italienische Erde s. 68.
Italienischrot s. 68.
Jodinrot s. 73.
Jodzinnober s. 73.
Jasmingrün s. 51.
Kaadenergrün s. 36.

40. Kadmiumgelb, Kadmiumsulfid, CdS (s. d. unter K.). Engl.: Cadmium yellow; franz.: Jaune de cadmium.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; ist in verd. Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung löslich; ein Rückstand deutet auf Schwerspat, Gips, Ton hin. Chromgelb würde sich durch gelblichgrüne Lösung, Zinnober durch Unlöslichkeit zu erkennen geben. Wird durch Alkalien nicht verändert.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kadmiumgelb soll nicht mit Kupferfarben gemischt werden.

Lichtechtheit: Sehr beständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Reines Kadmiumsulfid wird beim Glühen braun und soll nicht über 30% Verlust erleiden.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf ist ein mittlerer, etwa 30—40%.

Farbtöne nach Ostwald: I:03.08.10—03 la; dunkel: 11.06.10—11 na; N7: 12.05.13—12 oa.

Trockenfähigkeit: Trocknet in Leinöl nur langsam.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Gut.

Prüfung und Untersuchung: Reines Kadmiumsulfid löst sich in starker warmer Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung zu einer farblosen Flüssigkeit; ist die Farbe mit Chromgelb verschnitten, was nicht selten vorkommt, so erscheint die Lösung hierbei gelblichgrün durch Bildung von Chromchlorid, indem die Chromsäure durch Salzsäure und Schwefelwasserstoff reduziert wird; die Lösung darf auf Zusatz von Bariumchlorid nicht getrübt werden (Schwefelsäure, ev. aus Gips) und auch nach der Entfernung des Kadmiums durch Einleiten von Schwefelwasserstoff mit Ammoniumoxalat in ammoniakalischer Lösung keinen weißen Niederschlag von Kalziumoxalat (Gips, Kreide) geben. Kann selbst durch längeres Erwärmen mit konz. Salzsäure keine klare Lösung erzielt werden, so liegt Verschnitt mit Schwerspat, Ton usw. vor.

Zur quantitativen Analyse hat man eine Bestimmung des Kadmiums und des Schwefels vorzunehmen, die man am besten nach Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie, Leipzig 1905, ausführt.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe; Öl- und Lackfarbe gut verwendbar; für Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und Wasserglasfarben nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarben: Kadmiumsulfid ist hauptsächlich Künstlerfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kadmiumgelb ist eine sehr schöne, haltbare, gut deckende Öl- und Aquarellfarbe, die mit Ultramarin gemischt gute grüne Farben liefert, jedoch des hohen Preises wegen nur wenig im Gebrauch ist; da es durch basische Bindemittel leidet, kann es in der Fresko-, Kalk-, Kasein- und Mineralmalerei mit Wasserglas nicht verarbeitet werden. In letzter Zeit wird Kadmiumgelb zum Gelbfärben von Seifen benutzt und kommt zu diesem Zweck mit Öl angerieben als Paste in den Handel.

Kadmiumrot s. u. 100, Ersatzstoffe.
Kaisergelb s. 20.
Kaisergrün s. 51.
Kaiserrot s. 29.
Kalkblau s. 36, 54.

41. Kalkgrüne.

Unter Kalkgrünen hat man Erdfarben zu verstehen, die entweder mit grünen Kupferfarben oder meistens mit Teerfarben geschönt sind, s. Grüne Erde. Sie sind fast nur als Wasserfarben in der Dekorations- und Anstrichmalerei zu verwenden und müssen namentlich kalkecht sein. Die Prüfung erfolgt in der Weise, daß man das Kalkgrün mit frisch gelöschtem Kalk zu einem dicken Brei anrührt und diesen Kuchen, sowie einen ähnlichen Kuchen ohne Kalkzusatz 24—48 Stunden stehen läßt. Durch Vergleich mit einer Probe, die vor Tageslicht geschützt aufgehoben war, erkennt man, ob die Probe licht- und kalkecht ist.

Farbton nach Ostwald z. B.: 62.10.85—62 li.

Kalziumkarbonat s. 50.
Kalziumsulfat s. 34.
Kammerbleiweiß s. 17.
Kampecheholz s. 8.
Kaolin s. 18.

42. Karmin. Lackfarbe, engl.: Carmine; franz.: Carmin.

Andere Namen: Rein: Koschenillerot, Karminlack, Florentinerlack, Münchener-, Venetianischer-, Wiener-, Pariserlack.

Chemische Zusammensetzung: Karmin ist ein organischer Farbstoff tierischer Abstammung, dessen Hauptbestandteil bis zu 50% Karminsäure ist; letztere hat die Formel $C_{17}H_{18}O_{10}$.

Karmin ist ein Kunstprodukt, das teilweise natürlich ist.

Darstellung: Karmin wird aus den getrockneten Körpern des Coccus cacti, einer Art von Schildlaus, gewonnen, indem man 500 g dieses Körpers mit 14 g kohlensaurem Kali und 30 L destilliertem Wasser kocht; nach einigen Minuten wird der Kessel vom Feuer genommen, der Inhalt ausgegossen, 35 g gepulverter Alaun hinzugegeben und das Ganze tüchtig durchgerührt. Die dunkelkirschrote Farbe wird hierdurch in ein lebhaftes Karminrot verwandelt. Sobald sich die ausgekochten Koschenillepartikelchen zu Boden gesetzt haben, gießt man die rote klare Flüssigkeit in einen anderen Kessel, erhitzt nochmals und gibt nun 14 g Hausenblase hinzu. Sobald die Flüssigkeit kocht, sammelt sich der Karmin in Form eines Gerinnsels auf der Oberfläche der Flüssigkeit; man läßt nun erkalten, wobei sich der Karmin zu Boden setzt, gießt die klare Flüssigkeit ab und filtriert den Rest. Der an der Luft getrocknete Karmin sieht rotbraun, der im Ofen getrocknete, welcher besser sein soll, aschgrau aus.

Handelsform: Karmin kommt als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschungen werden namentlich mit Erdfarben, die häufig mit Farbbrühen geschönt oder gemischt sind, vorgenommen.

Verhalten: Nicht giftig.

Karmin kann wohl als widerstandsfähig gegen Schwefelwasserstoff angesehen werden; er verhält sich Säuren gegenüber ganz ähnlich wie Krapplack, ist also schon in verdünnten Säuren löslich. Natronlauge, Kalilauge, Ammoniak lösen Karmin vollständig auf, während Teerfarblacke in Ammoniak nicht vollständig löslich sind.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Karmin ist als Mischfarbe weniger gut geeignet; mit Zinkweiß gibt er ein schönes Rosa, mit Kobaltblau ein schönes Violett; dagegen ist er mit Berlinerblau weniger gut zu mischen, da Karmin keine Berührung mit Eisen verträgt, er wird dann mißfarbig. Beim Reiben auf dem Stein empfiehlt es sich daher, ihn nicht mit Stahlspachtel, sondern mit Horn- oder Aluminiumspachtel abzunehmen.

Lichtechtheit: Karmin ist dem direkten Lichte ausgesetzt weder in Öl, noch in Wasser als lichtecht zu bezeichnen, da er sehr bald ausbleicht.

Atmosphärilien: Hier gilt das gleiche, was von der Lichtechtheit gesagt ist.

Hitzebeständigkeit: Karmin verbrennt beim Erhitzen mit Geruch nach verbranntem Horn unter Zurücklassung wenig weißer Asche, die alkalisch reagiert und hauptsächlich aus Kalk und Tonerde besteht. Bei gelindem Erhitzen wird Karmin purpurrot.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Bedarf des Karmins an Öl ist groß, etwa 60%.

Trockenfähigkeit: Karmin trocknet als Ölfarbe sehr langsam.

Kalkechtheit: Karmin ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Karmins ist nicht besonders groß.

Prüfung und Untersuchung: Reiner Karmin muß in Wasser geschüttet dieses sofort aufnehmen, ohne staubähnlich auf der Oberfläche zu schwimmen und dem Einrühren zu widerstehen.

Der verfälschte Koschenillekarmin löst sich in Ammoniak nicht gänzlich auf und bildet einen Niederschlag; dagegen löst sich der reine Karmin vollständig, indem er mit dem Ammoniak eine chemische Verbindung eingeht. Zur Prüfung auf anorganische mineralische Beimengungen wird eine gewogene Menge in einem Porzellantiegel verascht; reiner Karmin hinterläßt nur geringe Mengen von Asche (etwa 7%). Bei der quantitativen Analyse wird es sich in der Regel nur um die Bestimmung der Mineralstoffe handeln, d. h. ob reiner Karmin oder aber ein Karminlack vorliegt; die Bestimmung der Mineralstoffe erfolgt in bekannter Weise durch Glühen in einem Porzellantiegel, während die weitere Untersuchung der Mineralstoffe nach den üblichen Methoden zu erfolgen hat.

Verwendung: Karmin ist als Aquarell- und Leimfarbe verwendbar, als Öl- und Lackfarbe nicht gut zu verwenden, für Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und als Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Karmin wird sowohl als Künstler- als auch als Dekorations- und Anstrichfarbe verarbeitet.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Karmin dienen Erdfarben, die häufig mit Farbbrühen geschönt sind.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Karmin gehört zu den unbeständigsten Farben; er wird im Licht zunächst bräunlich und verblaßt dann. Als Aquarellfarbe in dünnen Lagen verschwindet der Karmin bei kräftiger Belichtung bis auf bräunlichgraue Spuren gänzlich. Trotzdem wird er wegen seiner Schönheit und Farbtiefe in der Öl- und namentlich in der Aquarelltechnik noch vielfach verwendet, obschon jetzt unter den neuen Teerfarblacken, namentlich den Alizarinfarben, Ersatzstoffe erzeugt werden, die bei hoher Lichtechtheit dem Karmin auch an Schönheit und Farbkraft nichts nachgeben.

43. Karminlack.

Andere Namen: Koschenillelack, Florentinerlack, Pariserlack, Münchenerlack, Wienerlack usw.; engl.: Crimson Lake, Purple Lake, Scarlet Lake; franz.: Laque cramoisie.

Chemische Zusammensetzung: Karminlack besteht im wesentlichen aus dem wasserlöslichen Farbstoff der Koschenille, der Karminsäure, die an Tonerde gebunden und dadurch in ein in Wasser unlösliches Pigment umgewandelt ist.

Karminlack ist ein Kunstprodukt.

Man kann ihn direkt aus der Koschenille gewinnen, indem man einen Absud davon mit oder ohne Weinsteinzusatz herstellt, filtriert, dann mit Alaun und etwas Zinnsalz versetzt und schließlich aus der kaltgewordenen Flüssigkeit durch eine Lösung von Pottasche den Farblack als Niederschlag ausfällt. Meistens dienen zu seiner Herstellung die Mutterlaugen der Karmindarstellung, die auf gleiche Weise mit Alaun und etwas Zinnsalz versetzt und gefällt werden.

Handelsform: Meist in Hütchen.

Verschnittsorten oder Verfälschung: Mit Teerfarbstoffen geschönte Erdfarben.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; löst sich in verd. Salzsäure und Schwefelsäure mit roter Farbe, in Salpetersäure mit weißgelber. Karminlack löst sich völlig in überschüssiger Lauge, auf Zusatz von viel Salzsäure bleibt die Lösung tief rot, wodurch sie sich von Krapplack unterscheidet.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Karminlack kann mit anderen Farben gemischt werden, doch ist es besser, ihn für sich allein zu verarbeiten.

Lichtechtheit: Karminlack ist womöglich noch lichtunechter als Karmin.

Atmosphärilien: Hier gilt, was bei Lichtechtheit gesagt ist.

Hitzebeständigkeit: Karminlack verbrennt unter Hinterlassung von viel Asche (Tonerde-Zinnoxyd).

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Karminlack bedarf sehr viel Öl (100%).

Trockenfähigkeit: Karminlack trocknet sehr langsam.

Farbton nach Ostwald: 28.01.56—28 td.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Karminlack besitzt schlechte Deckkraft, nur lasierend.

Sonstige Eigenschaften: Karminlack gibt auch an Wasser nichts ab; wird eine Probe, mit Wasser verrieben, beim Kochen dick, so ist dies ein Zeichen, daß Stärke zugegen ist.

Prüfung und Untersuchung: s. Karmin.

Verwendung: Hier gilt dasselbe, was bei Karmin gesagt ist; in Ölfarbe ist Karminlack gut als Lasur.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Karminlack wird sowohl als Künstler-, wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe benutzt.

Ersatzstoffe: s. unter Verschnittsorten.

Karmingelb s. 80.
Karminzinnober s. 100.
Kasselerbraun s. 19.
Kasselergelb s. 12.
Kasselerumbra s. 19.
Kastanienbraun s. 61, 68, 90.
Kastanienschwarz s. 81.

44. Katechu; engl.: Catechu, Cutch; franz.: Cachou.

Chemische Zusammensetzung: Katechu ist ein Pflanzenfarbstoff, sein färbender Bestandteil ist das Katechin, dessen chemische Zusammensetzung bisher nicht sicher bestimmt worden ist.

Katechu ist ein Naturprodukt und wird namentlich in Bombay durch Auskochen des Holzes der Akazia catechu dargestellt, wobei man einen harten, spröden, dunkelbraun gefärbten und zusammenziehend schmeckenden Extrakt, den echten Katechu erhält.

Handelsform: Der echte Katechu kommt in großen, 30—40 kg wiegenden Stücken von fettglänzendem Bruch in den Handel.

Verwendung: Katechu ist keine Anstrich- oder Malfarbe, sondern dient in der Baumwollfärberei und -druckerei zur Erzeugung brauner, schwarzer, grauer und oliver Töne und gibt sehr beständige Färbungen, welche Licht, Seife, Säuren und selbst dem Chlorkalk widerstehen.

Auch zur Seidenfärberei, sowie zur Darstellung von Holzbeizen werden einige Katechusorten benutzt.

Kienruß s. 81.
Knochenschwarz s. 81.

45. Kobaltblau. Kobaltultramarin, Azur-

blau, Königsblau, Kaiserblau, Leithnersblau, Leydenerblau, Gahns Ultramarin, Thénardblau; engl.: Cobalt blue; franz.: Bleu Thénard.

Chemische Zusammensetzung: Kobaltblau ist eine chemische Verbindung von Kobaltoxydul mit Tonerde, welche noch mit Tonerde gemischt ist. Es ist ein Kunstprodukt.

Darstellung: Nach der Farbenzeitung, Berlin 1906, S. 1045 soll Kobaltblau am besten aus Ammoniakalaun und Kobaltsulfat im Verhältnis von 25 : 2,5 Teilen unter Zusatz von je 0,3 Teilen Magnesium-, Zink- und Bleisulfat durch viertelstündiges Glühen hergestellt werden.

Handelsform: Kobaltblau kommt als Pulver mit der Handelsmarke U und den Qualitätsabstufungen FFU, MU, QU in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Kobaltblau wird mit Ultramarin und Schwerspat usw. verschnitten.

Verhalten: Kobaltblau ist, wenn arsenfrei, nicht giftig; es wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Kobaltblau wird von verd. Säuren nicht angegriffen; von heißer starker Salpetersäure, sowie von heißer Schwefelsäure wird es zum Teil angegriffen und gibt dann eine rötliche Lösung. Durch Alkalien wird es nicht verändert.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kobaltblau darf nicht mit Chromrot, Zink- und Barytgelb, dagegen sonst mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Sehr beständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Kobaltblau bleibt auch bei sehr starker Glühhitze unverändert, wodurch es sich namentlich von der Smalte unterscheidet.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Kobaltblau bedarf sehr viel Öl, etwa 140%.

Trockenfähigkeit: Kobaltblau trocknet in Öl gut.

Farbtöne nach Ostwald: Kobaltblau 2: 54.07.38—54 ma. Kobaltblau 7 : 59.08.60—59 mc.

Kalkechtheit: Kobaltblau ist kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Kobaltblau besitzt nur wenig Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung des Kobaltblaus dienen folgende Merkmale: 1. Kobaltblau darf beim Kochen von verd. Säuren nicht angegriffen werden, während Ultramarin unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff entfärbt wird 2. Konz. Salpetersäure oder Schwefelsäure greifen Kobaltblau beim Erwärmen an und geben rötliche Lösungen.

Zur quantitativen Untersuchung schmilzt man eine gewogene Menge mit Alkalikarbonat, behandelt die Schmelze mit Wasser und Salzsäure; etwa vorhandener Schwerspat bleibt unlöslich und kann abfiltriert werden, die salzsaure Lösung wird zur Abscheidung der ev. vorhandenen Kieselsäure eingedampft usw., während in der salzsauren Lösung die Trennung von Kobalt und Aluminium am besten mit aufgeschlämmtem Bariumkarbonat vorgenommen wird. Nach der Filtration muß dann sowohl in der Lösung, wie in dem Unlöslichen zunächst das überschüssige Barium entfernt werden durch Ausfällen mit Schwefelsäure; die Bestimmung des Aluminiums erfolgt dann nach der Fällung mit Ammoniumchlorid und Ammoniak als Aluminiumoxyd, während das Kobalt nach der Fällung mit Kalilauge durch Glühen im Wasserstoffstrome in metallisches Kobalt übergeführt wird.

Verwendung: als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe verwendbar, für Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und als Wasserglasfarbe gut verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kobaltblau dient nur als Künstlerfarbe, sowie in der Porzellanmalerei.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoff für Kobaltblau dient Ultramarinblau.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kobaltblau hat heute keinen technischen Wert mehr und wird nur noch zur Erzielung besonderer Effekte in der Kunst- und Porzellanmalerei verwendet. Früher wurde es auch als Wasser- und Ölfarbe, namentlich aber für die Druckschrift auf Wertpapiere verwendet, da es photographisch schwer zu vervielfältigen ist.

46. Kobaltgelb. Aureolin.

Chemische Zusammensetzung: Kobaltgelb ist eine Doppelverbindung von Kobaltnitrit mit Kaliumnitrit von der Formel $Co(NO_2)_3 + 3KNO_2 + 3H_2O$. Es ist ein Kunstprodukt.

Darstellung: Zur Darstellung von Kobaltgelb fällt man eine mit Essigsäure angesäuerte Lösung von Kobaltoxydulnitrat mit einer Auflösung von Kaliumnitrit, wäscht den entstandenen gelben Niederschlag mit Wasser aus, filtriert und trocknet.

Handelsform: Kobaltgelb kommt als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Als Verfälschung für Kobaltgelb dient wohl vorzugsweise mit Teerfarbstoffen geschönter Schwerspat.

Verhalten: Kobaltgelb muß wegen seiner nicht völligen Unlöslichkeit in Wasser als giftig bezeichnet werden. Es wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Kobaltgelb ist in heißer Salzsäure unter Ent-

wicklung braunroter Dämpfe von Stickstoffdioxyd löslich, desgleichen in heißer Salpetersäure. Mit Schwefelsäure im Porzellantiegel bis zum Verdampfen erhitzt, gibt es neben salpetrigen Dämpfen einen roten, in Wasser rot löslichen Rückstand von Kaliumsulfid und Kobaltoxydulsulfat. Von Alkalien wirkt in der Kälte nur starke Kalilauge auf Kobaltgelb ein, während Natronlauge und Barytwasser bei gelindem Erwärmen unter Ausscheidung von blauem Kobaltoxydulhydrat Zersetzung hervorrufen.

Verträglichkeiten mit anderen Farben: Kobaltgelb ist nicht mit allen Farben mischbar.

Lichtechtheit: Ziemlich beständig.

Atmosphärilien: Kobaltgelb ist nach Angaben von Dr. Bersch[1]) vollkommen unempfindlich gegen die Atmosphärilien.

Hitzebeständigkeit: Kobaltgelb wird bei gelindem Erhitzen zersetzt unter Abscheidung von schwarzem Kobaltoxydul.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Kobaltgelb bedarf viel Öl, etwa 100%.

Trockenfähigkeit: Kobaltgelb trocknet mit Leinöl, wie alle kobalthaltigen Farben, gut.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Kobaltgelb besitzt nur wenig Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Kobaltgelb kann leicht daran erkannt werden, daß es 1. von verd. Säuren beim Erwärmen langsam unter Entwicklung von braunroten Dämpfen mit roter Farbe gelöst wird; 2. Bei längerem Erwärmen mit Laugen wird es schmutziggelb bis schwärzlich; 3. Beim Kochen mit konz. Salzsäure löst es sich langsam zu einer blauen Flüssigkeit, die auf Zusatz von Wasser rot wird. Zur quantitativen Analyse hat man eine Kobaltbestimmung vorzunehmen, indem man die salzsaure Lösung mit Kalilauge fällt, mit Bromwasser versetzt, filtriert und das entstandene Kobalthydroxyd durch Glühen im Wasserstoffstrom zu metallischem Kobalt reduziert.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe verwendbar, als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kobaltgelb ist wegen des hohen Preises nur Künstlerfarbe, namentlich für Außenmalerei.

Ersatzfarbstoffe: Als Ersatzstoffe für Kobaltgelb dienen Teerfarblacke.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kobaltgelb kann infolge seines hohen Preises nur in der Kunstmalerei Anwendung finden. Über seine Widerstandsfähigkeit gehen die Ansichten sehr auseinander. Während es namentlich von deutschen Forschern an der Luft und Licht für nicht beständig gehalten wird, scheinen die Engländer, namentlich nach den Berichten von A. H. Church[1]) mit Kobaltgelb bessere Erfahrungen gemacht zu haben, da es dort unter dem Namen Aureolin sowohl als Wasser- wie Ölfarbe vielfach angewendet wird.

47. Kobaltgrün. Rinmannsgrün.

Chemische Zusammensetzung: Kobaltgrün ist im wesentlichen eine Verbindung von Kobaltoxydul mit Zinkoxyd.

Es ist ein Kunstprodukt und wird nach dem Schweden Rinmann durch Glühen eines Gemisches von Zinkoxyd und Kobaltoxydul hergestellt. Es zeigt eine sehr wechselnde Zusammensetzung, da auch die Verhältnisse bei der Darstellung verschieden gewählt werden. Ein gutes Grün soll erhalten werden, wenn man 16 T. Zinksulfat und 7 T. Kobaltsulfat mit Alkalikarbonat fällt und den Niederschlag nach dem Trocknen bei sehr hoher Temperatur längere Zeit glüht.

Handelsform: Kobaltgrün kommt nur ganz selten und dann als grünes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Verschnittsorten für Kobaltgrün sind nicht bekannt, da es eigentlich gar nicht recht in den Handel gelangt ist.

Verhalten: Kobaltgrün ist, wenn arsenfrei, nicht giftig. Es wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen.

Kobaltgrün ist in heißer verd. Salz- und Salpetersäure mit rötlicher Farbe löslich, schwerer in Schwefelsäure. Es wird von kochender, heißer, starker Lauge zersetzt, durch Ammoniak und verd. Laugen weniger oder kaum angegriffen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kobaltgrün darf nicht mit Chromrot, Chromgelb und Barytgelb gemischt werden.

Lichtechtheit: Sehr gut.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Kobaltgrün verändert sich beim Erhitzen nicht, ist auch glühbeständig.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf von Kobaltgrün ist mittel, etwa 35%.

Trockenfähigkeit: Trocknet nur langsam.

Farbton nach Ostwald: 85.09.77—85 lg.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

[1]) Eibner, Malmaterialienkunde, Berlin 1909, S. 161.

[1]) Eibner, Malmaterialienkunde, Berlin 1909, S. 161.

Deckkraft: Kobaltgrün besitzt mittlere Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Zur Prüfung des Kobaltgrüns behandelt man es mit heißen Säuren, sowie mit Alkalien und vergleicht die Resultate mit den oben angegebenen Eigenschaften. Mit Borax am Öhre eines Platindrahtes geschmolzen muß es die tiefblaue Kobaltfarbe ergeben. Außerdem schüttelt man eine kleine Probe mit Spiritus; Teerfarben geben sich durch Färbung zu erkennen. Zur quantitativen Untersuchung (Trennung von Kobalt und Zink) verfährt man nach den üblichen in Treadwell[1]) angegebenen Methoden, wobei etwaiger Schwerspat ungelöst zurückbleibt, während Gips, Kreide nach Abscheidung von Kobalt und Zink in dem ammoniumsulfidhaltigen Filtrat zu bestimmen wären.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe, Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe gut verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kobaltgrün ist sowohl als Künstler- wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe geeignet.

Ersatzstoffe: S. unter Verschnittsorten.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kobaltgrün ist eine absolut beständige Farbe und kann in allen Maltechniken Verwendung finden. Trotzdem besitzt Kobaltgrün fast nur theoretisches Interesse, da es eigentlich niemals in den Handel gekommen ist.

48. Kobaltviolett.

Chemische Zusammensetzung: Kobaltviolett ist Kobaltoxydulphosphat. Es ist ein Kunstprodukt und wird durch Fällung einer Kobaltsalzlösung mit einer Lösung von sekundärem Natriumphosphat, Auswaschen, Trocknen und Glühen des Niederschlages dargestellt.

Handelsform: Kobaltviolett kommt nur sehr vereinzelt und dann in Pulverform in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschungen sind bisher nicht aufgetreten.

Verhalten: Kobaltviolett ist, sofern es arsenfrei ist, nicht giftig; es wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, auch nicht von verd. Säuren; von heißer starker Salpetersäure oder Schwefelsäure wird es zum Teil gelöst. Es wird durch Alkalien nicht verändert.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kobaltviolett darf nicht mit Chromrot, Chromgelb, Zinkgelb und Barytgelb gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Kobaltviolett verändert sich beim Erhitzen nicht; es gibt wie Kobaltgrün die blaue Kobaltperle.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Kobaltviolett bedarf nur mittlerer Ölmengen, etwa 30—40%.

Trockenfähigkeit: Kobaltviolett trocknet in Leinöl nur langsam.

Farbton nach Ostwald: 42.03.69—42 qb.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Kobaltviolett zeigt in Leinöl nur wenig Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Zur Prüfung des Kobaltvioletts stellt man eine Boraxperle her, welche tiefblau gefärbt erscheinen muß; die heiße Salpetersäurelösung prüft man auf Phosphorsäure am besten nach Eisenchloridzusatz mit Ammoniak oder direkt mit Ammoniummolybdat. Die quantitative Untersuchung hat sich auf Bestimmung des ev. Unlöslichen, des Kobalts und der Phosphorsäure zu beziehen, die am besten nach Treadwell, Quantitative Analyse, Leipzig 1905, S. 101 ausgeführt wird.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe verwendbar; als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben gut zu verwenden, ebenso als Wasserglasfarbe.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kobaltviolett ist hauptsächlich Künstler- und Dekorationsfarbe.

Ersatzstoffe: s. Verschnittsorten.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kobaltviolett ist ein absolut beständiger Farbkörper allen Einflüssen gegenüber, trotzdem hat es bisher nur eine ganz unbedeutende Verwendung erlangt.

Kölnerbraun s. 19.
Kölnererde s. 19.
Kölnische Umbra s. 19.
Königsblau s. 45.
Königsgelb s. 20.
Königsgrün s. 51.
Kollerfarbe s. 68.
Kolkothar s. 31.

49. Krapp. Engl.: Madder; franz.: Garance. Krapp ist die Wurzel der Krapppflanze (Färberröte, Rubia tinctorum), die ihre ehemalige Bedeutung für die Färberei und Farbenerzeugung eingebüßt hat, seit es gelungen ist, das Alizarin, sowie das Purpurin — einen zweiten roten Farbstoff des Krapps — künstlich aus dem Anthrazen, einem Bestandteil des Steinkohlenteers darzustellen.

Es kann hier ausdrücklich betont werden, daß — entgegen der Meinung vieler Künstler — das künstlich erzeugte Alizarin

[1]) Analyt. Chem. II., Leipzig 1905, S. 109.

vollkommen identisch ist mit dem Alizarin aus Krapp.

Alles weitere s. unter Krapplack.

Krapplack.

Andere Namen: Krapprot, Alizarinrot.

Chemische Zusammensetzung: Krapplack ist ein Gemisch der Lacke mehrerer verwandter Farbstoffe, von denen sechs näher bekannt sind. Der Hauptbestandteil des Krapplackfarbstoffes ist das Alizarin; daneben findet sich in geringer Menge das Purpurin, während die übrigen Farbstoffe nur in unbedeutenden Mengen vorhanden sind.

1. Natürlicher Krapplack. Krapplack ist ein Kunstprodukt, das aus der Wurzel von Rubia tinctorum hergestellt wird, einer Pflanze, welche in der Levante, im südlichen Europa, in Kleinasien, auch in Holland und Frankreich angebaut wird.

In der Krappwurzel befindet sich außer dem roten Farbstoff Alizarin noch ein gelber Farbstoff, Xanthin genannt. Bei der Darstellung muß man darauf Rücksicht nehmen, den gelben Farbstoff zu entfernen.

Außer diesem aus Rubia tinctorum gewonnenen Krapp gibt es noch den sogenannten ostindischen Krapp, auch Munjert, Munjistin genannt, den man aus den Wurzeln von Rubia Munjista darstellt. Er unterscheidet sich von dem vorgenannten chemisch dadurch, daß er frei von Alizarin ist; er besteht aus Purpurin und einer schönen orangefärbenden Substanz, dem sog. Munjistin.

Das Färbevermögen, sowohl des Munjert, als auch des Munjistins ist bedeutend geringer als das des Krapps.

2. Alizarinkrapplack. Seit der Entdeckung des künstlichen Alizarins durch Gräbe und Liebermann in den Jahren 1868—69 hat die Darstellung des Krapplackes aus den Krappflanzen sehr abgenommen, jetzt wird der größte Teil des Krapplackes aus Alizarin dargestellt.

Lange Zeit wurde bezweifelt, daß der mit künstlichem Alizarin hergestellte Krapplack, sowie die damit erzeugten Färbungen auf Textilien die gleichen guten Eigenschaften haben, wie die mit Naturkrapp angefertigten Farben und Färbungen. Heute aber ist dies allgemein anerkannt und besonders der Krapplack wird fast ausschließlich aus künstlichem Alizarin erzeugt.

Handelsformen: Krapplack kommt in Pulverform in den Handel. Man unterscheidet in der Malerei dunklen und hellen Lack. Unter ersterem versteht man den reinen Farbstoff des Krapps ohne Tonerde; er besitzt eine wenig lebhafte, ins braunviolette stechende Farbe, häufig mit einem schwachen Metallschimmer, während der lichte Krapplack an Tonerde gebunden ist und in kristallinischen Körnern bisweilen weißlich matt, erdig, bisweilen mit Gummiglanz in den Handel kommt. Je nach der verschiedenen Behandlung des Krapps sind in dem Handel nachstehende Produkte bekannt:

1. Garancin aus Krapp. Aus 100 kg Krapp erhält man je nach dem verschiedenen Fabrikationsverfahren 30—40 kg Garancin.

2. Krappblumen aus Garancin aus Krapprückständen.

3. Krappblumen.

4. Pinkoffin, auch Alizarin des Handels genannt, ist eine besondere Art von Garancin und kommt als schokoladefarbenes Pulver zum Verkauf.

5. Krappextrakte. In Schützenberger, „Die Farbstoffe", sind die verschiedenen Verfahren zur Darstellung der Krappextrakte angegeben.

Im allgemeinen haben alle diese Krappvarietäten hauptsächlich Interesse für den Färber, während für den Maler meist nur der dunkle oder helle Krapplack in Frage kommen dürfte.

6. Die Alizarinkrapplacke der Teerfarbenfabriken.

Verschnittsorten und Verfälschung: Krapplack wird mit Teerfarblacken verschnitten und mit mineralischen Stoffen, wie Ziegelmehl, gelbem und rotem Ocker, Sand, Ton oder mit Eichenholzspänen, Mandelschalen, Fichtenrinden, Acajouholz, Kampeche-, Santal-, Sapon-, Brasilien- und Gelbholz, Sumach, Galläpfeln, verfälscht.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht verändert. Säuren greifen Krapplack an und geben rote oder gelbe Lösungen. Natronlauge, Kalilauge, Ammoniak lösen Krapplack vollständig auf und geben rot- bis blauviolette Lösungen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Krapplack verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Krapplack ist, wie alle Lackfarben, nicht hitzebeständig.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Krapplackes ist verhältnismäßig sehr groß, er braucht 60—70% seines Gewichtes an Öl, um eine streichfähige Farbe zu geben.

Trockenfähigkeit: Krapplack trocknet als Ölfarbe außerordentlich schlecht, man setzt daher oft sehr viel Sikkativ zu, um die Trockenfähigkeit zu beschleunigen.

Farbtöne nach Ostwald:

Alizarinlack 4: 26.01.56—26 td

Krapplack 00: 26.01.55—26 td
Krapprosa 1: 27.06.34—27 nb.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Krapplackes ist sehr gut; er besitzt ein so großes Färbevermögen, daß mit gleichem Gewicht Weiß vermischt die Kraft der Farbe kaum geschwächt wird.

Sonstige Eigenschaften: Krapplack ist in Wasser und Alkohol unlöslich; rote Lösungen deuten auf Teerfarbstoffe.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung des Krapplackes dienen folgende Merkmale:

1. Mit Wasser geschüttelt bleibt Krapplack unverändert, gibt auch an Wasser keinen Farbstoff ab.

2. Mit Alkohol geschüttelt ebenso.

3. Mit Ammoniak geschüttelt: löst sich vollständig mit dunkelroter Farbe auf.

Wenn die unter 2. hergestellte Ausschüttelung rot gefärbt ist, so deutet dies auf Teerfarben hin; wird die alkoholische Lösung auf Zusatz von Kalilauge entfärbt, so läßt dies auf Fuchsin schließen.

Aus der unter 3. erhaltenen Lösung fällt Salz- oder Schwefelsäure den Krappfarbstoff in Flocken aus. Bleibt die Flüssigkeit gefärbt, so deutet dies auf Koschenille oder Teerfarbstoffe.

Da Krapplack beim Verbrennen nicht mehr als 9—10% grauweiße Asche hinterlassen darf, können Zusätze von Ziegelmehl, Ocker, Ton oder Sand leicht erkannt werden.

Ob überhaupt ein anderer organischer Farbstoff beigemischt ist, erkennt man leicht daran, daß man eine Messerspitze davon in ein Glas heißes Wasser wirft; reiner Krapplack fällt, ohne das Wasser zu färben, zu Boden, während die fremden hinzugesetzten Farbstoffe das Wasser rot färben.

Die mineralischen Beimengungen kann man durch Einäschern einer gewogenen Menge leicht bestimmen und ihre weitere Natur nach den bekannten analytischen Methoden ermitteln.

Die Natur der organischen Beimengungen zu ermitteln, ist schon bedeutend schwieriger. In diesem Falle sind stets Kontrolluntersuchungen mit reinem Krapplack vorzunehmen.

Über die Erkennung und Unterscheidung der echten Krapplacke sei hier besonders auf Eibners Malmaterialienkunde (Berlin 1909, sowie Techn. Mitt. für Malerei 1905, S. 152 u. 174) verwiesen.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe gut zu verwenden. In Öl ist Krapplack nur gut als Lasur zu verwenden. Zu Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und als Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Krapplack ist sowohl Künstler- als auch Dekorationsfarbe.

Ersatzstoffe: Als Krapplack werden viele Präparate verkauft, die den Namen nicht verdienen; sie sind in der Regel aus Teerfarbstoffen hergestellt, die zwar dem echten Alizarin verwandt, aber doch meist nur sehr wenig lichtecht und auch sonst nur wenig beständig sind. S. Verschnittsorten.

Kurze Zusammenstellung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Krapplack wird sowohl als Künstler- wie Dekorationsfarbe verarbeitet und findet sowohl als Aquarell-, Leim- und Temperafarbe, wie auch als Öl-, Lack- und Wachsfarbe Verwendung. Er ist von allen aus organischen Stoffen hergestellten roten Farben der beständigste, aber immerhin noch zu hoch im Preise, als daß er zu gewöhnlichen Staffiermalereien angewandt werden könnte.

50. Kreide.

Andere Namen: Schlämmkreide, Champagnerkreide, Mineralweiß, Wismarweiß, Pariserweiß, Spanischweiß; engl.: Chalk; franz.: Craie.

Chemische Zusammensetzung: Kreide in reinem Zustande ist Kalziumkarbonat (s. d.) von der Formel $CaCO_3$. Sie hat das Mol.-Gew. 100,09, das spez. Gew. 2,8 und ist in Wasser unlöslich. Sie besteht aus 56,05% Kalziumoxyd und 43,95% Kohlendioxyd.

Kreide findet sich in der Natur in sehr ausgedehnten Lagern an der Küste von Pommern, Dänemark, auf den Inseln der Nordsee, in Frankreich, England vor.

Die beste Kreide in Deutschland ist die sog. Kölnische, welche bei Aachen gebrochen wird. Zum feineren Gebrauch wird sie geschlämmt und kommt dann unter mannigfachen Phantasiebezeichnungen, wie Kreide von Mendon, Troyesweiß, Orleansweiß in den Handel.

Die beste natürliche Kreide in Frankreich ist die sog. Champagnerkreide.

Betr. Schlämmen der Kreide s. Handbuch der Farbenfabrikation von Zerr & Rübencamp (Berlin 1909).

Handelsformen: Kreide kommt als Block- oder Brockenkreide, Strichkreide, gemahlene, gebürstete und geschlämmte Kreide in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Kreide ist so billig, daß ein Verschneiden nicht vorkommt; dagegen kommen auch sehr stark tonhaltige Produkte in den Handel, die wegen der schlechten Deckkraft minderwertig sind.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefel-

wasserstoff nicht angegriffen; Säuren greifen Kreide stark an, indem sie sie auflösen, d. h. in wasserlösliche Verbindungen überführen (Kalziumchlorid, Kalziumnitrat, Kalziumsulfat). Alkalien verändern Kreide nicht.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kreide verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Erhitzt man Kreide auf höhere Temperaturen, so verflüchtigt sich Kohlendioxyd und es bleibt Kalziumoxyd, gebrannter Kalk, zurück.

Öllöslichkeit: Kreide ist in Leinöl nicht direkt löslich, bildet aber mit der Zeit eine Kalziumseife.

Ölbedarf: Da Kreide in Leinöl gar keine Deckkraft besitzt, wird sie auch nicht in Öl verarbeitet; sie würde etwa 40—50% benötigen.

Trockenfähigkeit: Kreide trocknet als Leimfarbe sehr rasch; maßgebend ist hierfür der Untergrund, ob er viel Wasser aufsaugt, sowie Wärme und Luft, die das Wasser der Leimfarbe bald schneller bald langsamer zum Verdunsten bringen.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft der Kreide als Öl-, Wachs- und Lackfarbe ist ganz ungenügend.

Prüfung und Untersuchung: Kreide ist in verdünnter Salzsäure unter Aufbrausen leicht löslich bis auf minimale Mengen von Silikaten; die klare Lösung gibt auf Ammoniakzusatz im Überschuß keinen oder nur Spuren, auf weiteren Zusatz von Ammoniumoxalat einen kristallinischen weißen Niederschlag von Kalziumoxalat.

Wenn die salzsaure Lösung nicht klar ist, sondern ein (meist schwach gefärbter) Niederschlag zurückbleibt, so ist Verunreinigung oder Verschnitt durch Ton anzunehmen. Auch darf die salzsaure Lösung auf Zusatz von Bariumchlorid nicht getrübt werden. (Gips.) Die quantitative Untersuchung ist höchst einfach; sie beschränkt sich auf eine Bestimmung des Kalks und der Kohlensäure nach den bekannten analytischen Methoden.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe sehr gut zu verwenden; als Öl- oder Lackfarbe ist Kreide wegen der ganz ungenügenden Deckkraft nicht zu verwenden. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe gut verwendbar, auch als Wasserglasfarbe verwendbar.

Weitere Verwendungsart: Sehr wichtig ist die Verwendung der weißen Kreide zur Herstellung von Kitt und Spachtelmasse; die Farbenzeitung, Berlin, schreibt (Nr. 14, 1914) hierüber folgendes: Vermischt man geschlämmte oder fein gemahlene Kreide mit einer konz. Leimlösung zu einer steifen Paste, so erhält man eine Spachtelmasse, die sehr hart eintrocknet, äußerst fest haftet, schleifbar ist und deshalb vielfach als Grundlage für innere Ölanstriche, z. B. für den Holzdielen-, Möbelanstrich usw. dient. Die Bereitung dieser Masse kann natürlich immer nur unmittelbar vor der Verwendung geschehen, so daß die Verbraucher sich stets selbst damit befassen müssen. Die Herstellung der verschiedenen Ölkittsorten erfolgt heute dagegen nach ganz bestimmten Verfahren fast ausschließlich auf fabrikatorischem Weg und zwar unter Anwendung einer ausgedehnten große Antriebskraft erfordernden Apparatur, da es sich um die Bewältigung ganz bedeutender und dabei äußerst zäher Massen handelt. Die hier zur Verwendung kommende sog. Kittkreide besitzt eine wesentlich bessere Beschaffenheit als die gewöhnlichen Handelskreidesorten. Doch werden für geringere Qualitäten von Ölkitten auch die letzteren zuweilen verwendet, häufig sogar unter Zusätzen von anderen weißen Mineralien, wie Gips, Kalzit. Gute Kittkreide soll in erster Linie besonders fein gemahlen und womöglich frei von Feuchtigkeit sein, weil anderenfalls das Vermischen der Kreide mit den Ölen oder Fetten auf die größten Schwierigkeiten stößt. Die Kittfabriken beziehen deshalb von den Kreidelieferanten eine schon vorgetrocknete Kreide, deren Feuchtigkeitsgehalt 2% nicht übersteigen sollte und deren Mahlung derartig sein muß, daß beim Vermischen der Kreide mit den Ölen keine Schwierigkeiten entstehen.

Den besten Kitt erhält man zweifellos durch Vermischen vollkommen trockner Kreide mit reinem Leinöl, doch können zu einer Reihe von Arbeiten auch Kitte vorteilhaft zur Verwendung kommen, die neben Leinöl auch noch Mineralöl, Harzöl, Talg und andere Fette enthalten. Der Zusatz von nicht trocknenden Ölen und Fetten macht den Kitt geschmeidiger und leichter verarbeitbar, allerdings wird dadurch auch seine Trockenfähigkeit vermindert, häufig aber nicht einmal zum Nachteil, denn es kommt nicht selten vor, daß der reine Leinölkitt durch zu rasches Trocknen z. B. in den Sommermonaten brüchig wird oder sich von seiner Unterlage löst. Dies wird auf alle Fälle durch einen Zusatz von Mineralöl verhindert. Doch darf man hier des Guten natürlich nicht zu viel tun, da stark mineralölhaltige Kitte nach dem Trocknen leicht ausschwitzen und durchschlagen und dadurch bei vielen Arbeiten die Trockenfähigkeit und Festig-

keit nachfolgender Leim- und Ölanstriche gefährden, Lackanstriche ganz unmöglich machen können. Dies hat seine Ursache darin, daß beim Austrocknen des Leinöls infolge der damit verbundenen Zusammenziehung der Kittmassen das Mineralöl als nichttrocknendes Öl ausgeschieden wird und sich an der Oberfläche der gekitteten Stellen in einer mehr oder weniger dünnen Schicht ablagert. Werden solche Flächen mit einem Leimanstrich versehen, so schlägt das Mineralöl an den gekitteten Stellen bald durch und erteilt dem Anstrich ein fleckiges Aussehen. Die öligen Stellen trocknen natürlich nie aus, besitzen auch keine Bindefähigkeit und werden deshalb, wenn sich der Anstrich im Freien befindet, leicht durch Regen ausgewaschen. — Bei nachfolgendem Firnisanstrich (Fenster) vermischt sich das auf den Kittstellen an die Oberfläche getretene Mineralöl dagegen mit dem Firnis der Anstrichfarbe, wodurch ein langsames Trocknen der Anstrichschicht verursacht werden kann. Häufig kommt es auch vor, daß das Austrocknen der Kittmasse nicht abgewartet, sondern mit dem Firnisanstrich einfach über die noch weichen Kittstellen hinweggegangen wird. Die Folge davon ist, daß der Anstrich wegen des an jenen Stellen austretenden Mineralöls dort überhaupt nicht austrocknet und wie der Leinölanstrich im Freien durch den Regen vorzeitig zerstört wird. Diese nachteiligen Erscheinungen treten nicht ein, wenn der Zusatz von Mineralöl nicht mehr als 5% vom Gewicht des in der Kittmasse vorhandenen Leinöls beträgt, ein Verhältnis, das übrigens auch genügt, um den Kitt geschmeidig und weich zu erhalten.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kreide ist nur in der Dekorations- und Anstrichmalerei zu verwenden.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kreide zählt zu den ältesten bekannten Malerfarben und findet als Leimfarbe namentlich zu Deckenanstrichen die größte Verbreitung; als Ölfarbe ist sie wegen der ganz ungenügenden Deckkraft nicht zu verwenden. Absichtliche Fälschungen kommen wohl nicht vor, da es wohl kaum ein billigeres Material geben dürfte. Sehr wichtig ist auch für Kreide die Herstellung von Ölkitt und Spachtelmasse, Ausführliches s. o.

Wirtschaftliches: Die Einfuhr an Kreide betrug im Jahre 1912 etwa 111 Tonnen im Werte von 542 000 M., die Ausfuhr dagegen 2408 Tonnen im Werte von 15 107 000 M.

Kremserweiß s. 17.
Kreuzbeerlack s. 32.
Koschenillelack s. 42.

51. Kupferarsenitazetat, Schweinfurtergrün, Mitis-, Zwickauer-, Brixener-, Eislebener-, Leobschützer-, Würzburger-, Wiener-, Basler- usw. Grün; engl.: Schweinfurth green; franz.: Vert de Schweinfort.

Chemische Zusammensetzung: Kupferarsenitazetat ist eine Doppelverbindung von essigsaurem und arsenigsaurem Kupfer von der Formel $Cu(C_2H_3O_2)_2.3Cu(AsO_2)_2$ und enthält 31,5% Kupferoxyd, 58,5% Arsenik und 10% Essigsäureanhydrid.

Es ist ein Kunstprodukt.

Handelsform: Kupferarsenitazetat kommt als grünes Pulver in den Handel, darf aber seiner enormen Giftigkeit wegen nur gegen Giftschein verabfolgt werden.

Verschnittsorten, Verfälschung: Verschnittsorten resp. Verfälschungen werden hauptsächlich mit Erdfarben, die mit grünen Teerfarbstoffen geschönt sind, vorgenommen.

Verhalten: Außerordentlich giftig; wird von Schwefelwasserstoff leicht angegriffen; ist in verd. Säuren leicht mit gelbgrüner bis blaugrüner Farbe löslich: Rückstände deuten auf Verfälschung. Kupferarsenitazetat ist in Ammoniak leicht und vollständig mit tiefblauer Farbe löslich; mit alkalischen Laugen gekocht wird es rotbraun.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kupferarsenitazetat darf nicht mit Bleiweiß, Mennige, Kadmiumfarben, Ultramarin, Zinnober und sonstigen sulfidschwefelhaltigen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht vollständig widerstandsfähig.

Hitzebeständigkeit: Liefert erhitzt schwarze Rückstände von Kupferoxyd.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Kupferarsenitazetat bedarf nur wenig Leinöl, 25—30%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit in Leinöl ist gut.

Farbtöne nach Ostwald:

Schweinfurtergrün: 85.03.50—85 qa
Neuwiedergrün: 86.20.40—86 hb.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Kupferarsenitazetat besitzt nur wenig Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Löst man eine kleine Menge der Farbe in verd. Salzsäure und bringt ein Stückchen reines Zink in die Lösung, so entwickelt sich das äußerst giftige Arsenwasserstoffgas mit dem charakteristischen Knoblauchgeruch (große Vorsicht geboten).

In Ammoniak muß sich reines Kupferarsenitazetat vollständig zu tiefblauer Farbe lösen; mit Schwefelsäure gekocht, destilliert Essigsäure über.

Zur quantitativen Untersuchung hat man eine Bestimmung des Kupfers, der arsenigen Säure und der Essigsäure, sowie ev. des Unlöslichen nach den bekannten analytischen Methoden (s. Treadwell, Quantitative Analyse, Leipzig 1905, S. 143 u. 500) vorzunehmen.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe verwendbar. Zu Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben nicht geeignet, als Wasserglasfarbe nicht verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kupferarsenitazetat ist sowohl Künstler- wie auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Wegen der großen Giftigkeit des Kupferarsenitazetats wird man in den nicht giftigen grünen Farben, wie Chromoxydgrün, Zinkgrün, Chromgrün, Grüne Erde usw. genügende Ersatzstoffe finden; besonders wird als Ersatz die aus Smaragdgrün mit Zinkgelb gemischte Farbe, welche unter dem Namen Viktoriagrün und Paul Veronesegrün in den Handel kommt, empfohlen.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Wegen der ungeheuren Giftigkeit ist Kupferarsenitazetat ganz verpönt und nur mehr in der Kunstmalerei und auch da nicht viel in Verwendung, da der brillante Farbkörper wohl durch das Licht nicht leidet, sich aber nicht mit allen guten Farben verträgt. Sorgfältig muß es dem Kadmiumgelb ferngehalten werden, da die Mischungen sich bald gänzlich schwärzen. Es wird als Vertilgungsmittel für Pflanzenschädlinge angewendet.

52. Kupferazetat, basisch; Grünspan; engl.: Verdigris; franz.: Vert-de-gris.

Verhalten: Sehr giftig; sehr empfindlich gegen Schwefelwasserstoff; wird von Salzsäure gelbgrün, von Salpetersäure bläulichgrün gelöst. Beim Kochen mit Wasser und etwas Schwefelsäure entwickeln sich essigsaure Dämpfe. Kupferazetat gibt beim Kochen mit Laugen eine schwach schwärzlichblaue Flüssigkeit und schwarzen Bodensatz; mit Ammoniak eine tiefblau gefärbte Flüssigkeit.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kupferazetat wird am besten nicht mit anderen Farben, namentlich nicht mit Sulfidschwefel enthaltenden Farben gemischt.

Lichtechtheit: Nicht beständig; wird mit der Zeit gelblichbraun, dann schwarz.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen, in Leinöl.

Hitzebeständigkeit: Kupferazetat entwickelt beim Erhitzen essigsaure Dämpfe, beim Glühen erhält man einen schwarzen Rückstand von Kupferoxyd.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Kupferazetat bedarf mittlere Mengen von Öl, etwa 30—40%.

Trockenfähigkeit: Kupferazetat trocknet in Leinöl nur langsam.

Kalkechtheit: Kupferazetat ist nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Prüfung und Untersuchung: Reines Kupferazetat muß in verdünnter Salpetersäure vollständig ohne Aufbrausen löslich sein; hinterbleibt ein Rückstand, so ist Verschnitt vorhanden. Die klare Lösung darf mit Ammoniak im Überschuß keinen Niederschlag, sondern nur eine tiefblaue Färbung, mit Ammoniumoxalat ebenfalls keinen Niederschlag (Kreide, Gips) geben. Zur quantitativen Analyse hat man eine Kupfer- und Essigsäurebestimmung vorzunehmen; letztere wird aus einer gewogenenen Menge durch Erhitzen mit Wasser und Schwefelsäure übergetrieben und alsdann durch Titration mit Kalilauge ermittelt, während das Kupfer entweder mit Kalilauge gefällt und als Kupferoxyd bestimmt, oder mit Natriumthiosulfatlösung gefällt und durch Glühen im Roseschen Tiegel mit Schwefelpulver im Wasserstoffstrome als Kupfersulfid bestimmt wird. Auch das mit Natriumthiosulfat gefällte Kupfersulfid kann leicht durch Glühen in Kupferoxyd verwandelt werden; es empfiehlt sich dann aber, den Glührückstand zunächst noch erst mit etwas Salpetersäure anzufeuchten und dann nochmals vorsichtig, schließlich stark zu glühen.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe verwendbar, doch ist Kupferazetat eigentlich nur als Ölfarbe zu verwenden, aber auch als solche unzuverlässig, da leicht mißfarbig werdend; am besten mit guten Deckfarben, wie Bleiweiß zu verarbeiten. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Kupferazetat ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Kupferazetat kommt infolge seiner Löslichkeit in Wasser eigentlich nur als Ölfarbe in Betracht, ist aber auch hier eine unzuverlässige Farbe, da es im Laufe der Zeit mit dem Öl immer grüner wird und sich mit einer großen Anzahl von Farben nicht verträgt. In neuerer Zeit findet man Kupferazetat vielfach in Rostschutz- und Schiffsbodenfarben, wo seine giftigen Eigenschaften das Ansetzen der Muscheln und Seetiere verhindern sollen.

Nach Bouvir[1]) soll sich die Unbeständigkeit des Kupferazetats dadurch heben lassen, daß man die feingepulverte Farbe mit Kopaivabalsam anreibt und wenn die Mischung klar erscheint, etwas Mastixfirnis hinzugibt; die so hergestellte Lasurfarbe muß sehr dünn und gleichmäßig aufgetragen werden, sie trocknet aber sehr schnell unter dem Pinsel, so daß man sie immer nur in sehr kleinen Mengen ansetzen darf.

Kupferblau s. 54.

53. Kupferkarbonat basisch (s. a. 54). Malachitgrün, Berggrün; engl.: Malachite green; franz.: Malachite.

Chemische Zusammensetzung: Basisches Kupferkarbonat besteht aus einem Molekul Kupferkarbonat und einem Molekul Kupferhydroxyd und hat die Formel $CuCO_3 . Cu(OH)_2$. Es ist sowohl Natur- als auch Kunstprodukt. Das Naturprodukt ist das Mineral Malachit.

Handelsformen: Basisches Kupferkarbonat kommt als grünes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten resp. Verfälschungen: Als Verschnittsorten resp. Verfälschung dienen mit Teerfarbstoffen geschönte Erdfarben, doch sei hier gleich bemerkt, daß man im Handel unter dem Namen Malachitgrün ganz allgemein den Teerfarbstoff versteht, der aus Dimethylanilin, Chlorzink und Trichlorbenzyl dargestellt wird.

Verhalten: Stark giftig. Es ist wie alle Kupferfarben sehr empfindlich gegen Schwefelwasserstoff. Es wird von Säuren unter Aufbrausen gelöst, grünlichgelbe bis grüne klare Lösungen gebend. Mit Alkalilauge gibt basisches Kupferkarbonat eine schwärzlichblaue Flüssigkeit und schwarzen Bodensatz; mit Ammoniak erhält man eine schöne, tiefblau gefärbte Lösung von Kupferoxydammoniak.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Basisches Kupferkarbonat soll am besten nicht mit anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Beim Erhitzen schwarzbraun.

Öllöslichkeit: In Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Mittlere Menge, etwa 35%.

Trockenfähigkeit: In Leinöl nur langsam.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: In Leinöl wenig Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Basisches Kupferkarbonat muß sich in Säuren leicht unter Aufbrausen auflösen; mit Ammoniak muß tiefblaue Lösung erfolgen. Beim Schütteln mit Alkohol dürfen keine gefärbten Lösungen (Teerfarbstoffe) entstehen.

Die quantitative Untersuchung erstreckt sich auf Bestimmung des Kupfers, der Kohlensäure, sowie ev. des Unlöslichen; s. auch 52.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe, Fresko-, Kalk- und Kaseinfarbe verwendbar, auch als Wasserglasfarbe.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Basisches Kupferkarbonat ist sowohl Künstler- als auch Dekorationsfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe dienen die grünen Teerfarbstoffe, welche unter dem Namen „Malachitgrün" in den Handel kommen.

Kurze Zusammenstellung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Basisches Kupferkarbonat besitzt als Anstrichfarbe jetzt fast gar keine Bedeutung mehr; es wird zuweilen noch als Ölfarbe benutzt, ist aber von wenig intensiver Farbe und wegen seiner Giftigkeit auch sonst nicht geschätzt.

54. Kupferlasur, Bergblau, Kalk-, Kupfer-, Neuwiederblau; franz.: Azur.

Chemische Zusammensetzung: Kupferlasur ist basisches Kupferkarbonat von der Formel $2CuCO_3 + Cu(OH)_2$, unterscheidet sich also von dem grünen basischen Kupferkarbonat dadurch, daß hier 2 Molekule Kupferkarbonat mit einem Molekul Kupferhydroxyd verbunden sind.

Kupferlasur ist sowohl Natur- als auch Kunstprodukt.

Handelsform: Fast nur in Pulverform.

Verschnittsorten resp. Verfälschung: Kupferlasur wird mit Erdfarben, die mit Teerfarben geschönt sind, verschnitten.

Verhalten: Stark giftig. Wird von Schwefelwasserstoff leicht angegriffen (geschwärzt); Säuren lösen Kupferlasur unter Aufbrausen auf; beim Erwärmen mit Ammoniak erfolgt vollständige Lösung.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Kupferlasur darf nicht mit Bleiweiß, Kadmiumgelb, Ultramarin und Zinnober gemischt werden.

Lichtechtheit: Nicht lichtecht.

Hitzebeständigkeit: Wird beim Erhitzen schwarz.

Öllöslichkeit: In Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Kupferlasurs ist ein mittlerer, etwa 35%.

Trockenfähigkeit: In Leinöl nur langsam.

Farbton nach Ostwald:

Bergblau: 56.10.57—56 lc.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Kupferlasur besitzt in Öl nur wenig Deckkraft.

[1]) Mierzinski, Erd-, Mineral- u. Lackfarben, Weimar 1881.

Prüfung und Untersuchung: s. Kupferkarbonat basisch.

Verwendung: Kupferlasur ist eine sehr unzuverlässige Farbe, die als Ölfarbe mit der Zeit ganz grün wird. Sie ist infolgedessen auch fast ganz außer Gebrauch gekommen und wird höchstens als Kalkfarbe zum Färben der Wände noch verarbeitet.

55. Kurkuma, Gelbwurzel; engl.: Turmeric.

Chemische Zusammensetzung: Der Farbstoff der Kurkuma wird Kurkumin genannt, das durch Alkohol, Äther oder Alkalien, weniger leicht durch Wasser extrahiert werden kann.

Kurkuma ist ein Naturprodukt und wird aus den Wurzelknollen der in Asien wachsenden Kurkuma longa und K. rotunda erhalten, welche hauptsächlich zu gelbem Pulver vermahlen werden.

Handelsformen: Kurkuma kommt entweder in Stücken oder in Pulver in den Handel.

Eigenschaften, Verwendung: Kurkuma findet in der Maltechnik keine Anwendung; es ist gegen Licht- und Seifenbehandlung wenig beständig und findet nur geringfügige Verwendung in der Baumwoll-, Woll- und Seidenfärberei. Außerdem dient der Farbstoff der Kurkuma in der analytischen Chemie als Reagenz und Indikator.

56. Lac dye, Färbelack, Lack dye.

Chemische Zusammensetzung: Lac dye ist ein Produkt, das der Koschenille sehr ähnlich ist und aus dem Gummilack gewonnen wird, der infolge des Stiches einer Lackschildlaus (Coccus laccae) aus manchen Ficusarten ausschwitzt.

Handelsformen: Lac dye kommt als Strohlack, Körnerlack, Klumpenlack meist in großen Brocken, in kleinen Tafeln oder auch als Pulver in den Handel.

Verwendung: Lac dye findet in der Maltechnik keine Anwendung, dient aber in der Wollfärberei zur Scharlachfärbung.

57. Lackmus, Tournesol.

Chemische Zusammensetzung: Lackmus ist ein Produkt, das aus einigen Flechtenarten aus Indien, Süd- und Zentralamerika und auf den Kanarischen Inseln gewonnen wird; der wichtigste Farbstoff im Lackmus ist das blaue Azolitmin.

Eigenschaften: Lackmus ist nicht giftig, wird von Säuren rot gefärbt, während Alkalien den ursprünglich blauen Farbenton ev. noch verstärken. Beim Erhitzen verbrennt Lackmus unter Zurücklassung der mineralischen Beimengungen.

Verwendung: Lackmus dient vorwiegend als Indikator in der chemischen Analyse; für die praktische Färberei und für die Maltechnik hat er keine Bedeutung.

Lampenschwarz s. 81b.
Lapis Lazuli s. 89.
Lasurblau s. 89.
Lasurbraun s. 19.
Lasurstein s. 89.
Laubgrün s. 21.
Leichtspat s. 34.
Leipzigergelb s. 20.
Leipzigergrün s. 51.
Lemnische Erde s. 18.
Lenzin s. 34.
Leobschützergrün s. 51.
Lichtrot s. 12.

58. Lithopone; Lithoponeweiß, Deckweiß, Zinkolith, Emailleweiß, Charltonweiß.

Chemische Zusammensetzung: Lithopone in reinem Zustande ist ein Gemenge aus einem Molekul Zinksulfid (s. d.) und einem Molekul Bariumsulfat (s. d.), von der Formel $ZnS + BaSO_4$. Es hat das Mol.-Gew. 330,88, das spez. Gew. 4,2—4,4 und ist in Wasser unlöslich. Es besteht aus 29,45% Zinksulfid und 70,55% Bariumsulfat.

Lithopone ist ein Kunstprodukt und wird fabrikmäßig aus dem rohen[1]) Schwerspat dargestellt, indem man ihn zunächst durch Glühen mit Kohlepulver in Bariumsulfid überführt. Je nachdem reichlich oder weniger Kohlepulver hinzugegeben war, enthält die Masse noch überschüssige Kohle oder nicht angegriffenen Schwerspat. Sie wird mit Wasser behandelt, worin nur das Bariumsulfid löslich ist, filtriert und das Filtrat mit einer wäßrigen Auflösung von Zinksulfat versetzt; es entsteht sofort ein weißer, in Wasser unlöslicher Niederschlag von Bariumsulfat und Zinksulfid; nachdem sich der weiße Niederschlag völlig zu Boden gesetzt hat, läßt man die darüber befindliche Flüssigkeit ablaufen, trocknet den Rückstand, glüht und mahlt zu einem feinen Pulver. Wenn nur reines Bariumsulfid ohne Schwerspat mit Zinkvitriol zersetzt wird, entsteht immer ein Gemenge von etwa 70% Bariumsulfat und 30% Zinksulfid.

Ein derartig zusammengesetztes Präparat bezeichnet man als Lithopone Rotsiegel.

Je nachdem man nur zur Fällung statt reinen Zinkvitriols Gemenge von Zinkvitriol mit Zinkchlorid oder Natriumsulfat anwendet, erhält man Lithopone mit höherem oder niedrigerem Zinksulfidgehalt.

Handelsform: Lithopone kommt in Pulverform in den Handel und wird je nach seinem Schwefelzinkgehalt verschieden be-

[1]) Roh = Naturprodukt zum Unterschied von künstlich gefälltem Schwerspat; ersterer ist körniger Natur und als Malerfarbe nicht fein genug.

wertet. Als bestes gilt Lithopone Grünsiegel mit 32—34% Zinksulfid, es folgt dann Rotsiegel mit 30%, Weißsiegel mit 26%, Blausiegel mit 22%, Gelbsiegel oder auch Deckweiß genannt mit 16% Zinksulfid.

Verschnittsorten und Verfälschung: Verschnitt- resp. Verfälschung der Lithopone erfolgt hauptsächlich mit Schwerspat und Gips; häufiger wohl auch dadurch, daß an Schwefelzink niedrigere Sorten, wie Gelb- oder Blausiegel als Rotsiegel verkauft werden.

Verhalten: Nicht giftig, wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; starke Säuren greifen es an, indem sie das Zinksulfid unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff auflösen, während Bariumsulfat ungelöst zurückbleibt.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Zu Mischungen mit Blei-, Kupfer-, Kadmiumhaltigen Farben sollte Lithopone nicht verwendet werden, da das Zinksulfid leicht Umsetzungen mit anderen Metallfarben hervorruft, wodurch Farbveränderungen verursacht werden. Doch sind die Sorten hierin verschieden.

Lichtechtheit: Lithopone gehört zu den nicht lichtbeständigen Farben, da es dem Lichte ausgesetzt oft recht erheblich nachdunkelt, gute Sorten sind echter als die billigeren.

Im allgemeinen nimmt man wohl an, daß dieses Nachdunkeln von der Anwesenheit kleiner Mengen Chlor in dem Produkt herrührt. In neuerer Zeit kommen sog. lichtechte Lithopone in den Handel, die nach Patenten von Ostwald und Bauer, DRP. 202 420 und 202 709, Allendorf DRP. 202 253 behandelt sind.

Atmosphärilien: Lithopone ist den Atmosphärilien gegenüber auch in Leinöl nicht vollständig widerstandsfähig.

Hitzebeständigkeit: Ziemlich gut; erst bei andauerndem Erhitzen nimmt Lithopone etwas Sauerstoff aus der Luft auf, wodurch ein Teil des in ihm erhaltenen Schwefelzinks in Zinksulfat verwandelt wird.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf ist ein mittlerer.

Trockenfähigkeit: Lithopone trocknet als Ölfarbe sehr langsam, doch kann das Trocknen durch Zugabe bleifreier Sikkatife beschleunigt werden.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich, s. auch unter Z nksulfid.

Deckkraft: Die Deckkraft des Lithopones soll bei richtiger Herstellung der des Bleiweiß kaum nachstehen; diese Angabe bezieht sich aber nur auf Grün- und Rotsiegel und gilt nicht für die Marken mit dem niedrigeren Gehalt an Schwefelzink.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: Beim Übergießen mit 10%iger Salzsäure entwickelt sich Schwefelwasserstoffgas, das durch seinen unangenehmen Geruch sofort erkennbar ist. Vollständige Lösung tritt auch beim Erhitzen nicht ein, da das Bariumsulfat in Säuren unlöslich ist. Die abfiltrierte Lösung muß nach Versetzen mit Ammoniak im Überschuß auf Zusatz von Schwefelammonium einen weißen Niederschlag von Zinksulfid geben. Durch 10%ige Essigsäure darf Lithopone nicht verändert werden, auch keine Gasentwicklung, weder von Kohlendioxyd, noch von Schwefelwasserstoff eintreten; die abfiltrierte essigsaure Lösung darf weder auf Zusatz von Ammoniumoxalat einen Niederschlag von Kalziumoxalat, noch auf Zusatz von Ammoniak und Schwefelammonium einen solchen von Zinksulfid (von ev. Zinkoxyd herrührend) geben.

Lithopone kann als normal angesehen werden, wenn es in heißem Wasser (Gips würde löslich sein), sowie in heißer 5%iger Essigsäure (worin Zinkoxyd und Kreide löslich sind), als auch in heißer 15%iger Essigsäure (welche Zinkoxychlorid aufnehmen würde), unlöslich ist. Die quantitative Untersuchung des Lithopones würde 1. den Gesamtzinkgehalt, berechnet auf Zinksulfid, 2. den tatsächlich vorhandenen Zinksulfidgehalt, 3. den vorhandenen Zinkoxydgehalt, 4. den Gehalt an Bariumsulfat, Gips und ev. Kreide zu ermitteln haben.

Die Ausführung erfolgt in der Weise, daß man eine gewogene Menge Lithopone mit konz. Salzsäure 5 Stunden lang erwärmt, wodurch alles Zink in Lösung geht und nur Bariumsulfat ungelöst zurückbleibt, das als solches bestimmt werden kann; in der Lösung erfolgt die Bestimmung des Gesamtzinks durch Titration in heißer ammoniakalischer Lösung mit Kaliumferrozyanid. Den unter 3. angegebenen Zinkoxydgehalt ermittelt man am besten durch Behandeln einer neuen Menge mit 5%iger Essigsäure in der Kälte und Titration des gelösten Zinkoxyds wie vorher. Den unter 2. angegebenen wirklich vorhandenen Zinksulfidgehalt bestimmt man am besten nach Wolff, indem man den an Zink gebundenen Schwefel mittels Jodlösung zersetzt und durch Titration mit Natriumthiosulfatlösung das nicht verbrauchte Jod zurücktitriert. Näheres s. unter Wolff, Farbenztg. Berlin, 1910, 1859 und Amsel, Farbenztg., Berlin, 1902, 42.

Verwendung: Für Aquarell- und Leimfarben, Öl- und Lackfarben gut zu verwenden; für Spirituslack ist Lithopone die einzige weiße Farbe, die in diesem Lack verarbeitet

werden kann. Für Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben und Wasserglasfarben nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Lithopone ist mehr Anstrichfarbe als Künstler- oder Dekorationsfarbe.

Ersatzstoffe: S. unter Verschnittsorten.

Wirtschaftliches: Die Einfuhr an Lithopone betrug im Jahre 1912 3335 t im Werte von 734000 M., während die Ausfuhr im gleichen Jahre 15 264 t im Werte von 3 330 000 M. ergab.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Lithopone findet seiner guten Deckkraft wegen vielseitige Anwendung. Nur besteht die Meinung, daß sich Lithopone nicht zu äußeren Anstrichen eigne, was durch Versuche des Verf. bestätigt zu sein scheint. Lithopone ist oft durch einen geringen Gehalt an Zinkoxychlorid verunreinigt, wodurch das zum Anreiben der Farbe benutzte Öl in kurzer Zeit, bedeutend rascher als durch Zinkoxyd oder Zinkkarbonat, verseift wird und infolgedessen der Anstrich bei der Einwirkung von Wasser bzw. feuchter Luft leicht schmierig und abreibbar wird. Es dürfte deshalb ratsam sein, in Fällen, in denen über ein Abfärben von Öllithoponeanstrichen geklagt wird, auch auf das Vorhandensein von basischen Chlorzinksalzen Rücksicht zu nehmen. Geklärt ist diese Frage jedoch noch nicht.

59. Lokao.

Anderer Name: Chinesischgrün.

Chemische Zusammensetzung: Lokao ist ein aus der Rinde, den Zweigen und Wurzeln von Rhamnus utilis und Rh. chlorophorus stammender Farbstoff und wird in China in der Weise dargestellt, daß man zunächst einen wäßrigen Auszug herstellt, der dann mit Kalkmilch versetzt wird. Auf diese Weise wird ein grüner Lack erhalten, der in dünnen krummen Blättchen von dunkelgrüner, etwas violettstichiger Farbe in den Handel kommt.

Eigenschaften, Verwendung: Lokao kommt in Europa wegen seines hohen Preises nicht zur Verwendung. Die mit Lokao ausgeführten Färbungen sollen sich durch Lichtbeständigkeit auszeichnen.

Magnesit, Magnesiumkarbonat s. 27.

60. Magnesiumsilikat, Talkum, Speckstein, Federweiß, Schlupfpulver, Glitschpulver.

Chemische Zusammensetzung: Magnesiumsilikat in reinem Zustande ist eine chemische Verbindung von drei Molekulen Magnesiumoxyd und vier Molekulen Kieselsäureanhydrid (Siliziumdioxyd) von der Formel $Mg_3Si_4O_{11}$. Es hat das Mol.-Gew. 362,1, das spez. Gew. 2,7 und ist in Wasser unlöslich. Es besteht aus 33,38% Magnesia und 66,62% Siliziumdioxyd.

Die Darstellung beschränkt sich auf Vermahlung, Schlämmung und Trocknen des Schlämmrückstandes.

Handelsform: Magnesiumsilikat kommt als gemahlenes Pulver in den Handel, namentlich von Böhmen und Triest aus.

Eigenschaften und Anwendung: Als Mineral bildet Magnesiumsilikat einen weiß bis grünlichweiß gefärbten, weichen Körper, der im gemahlenen Zustande ein sehr feines, geschmeidiges, bei starkem Anstrich fettigglänzendes, weiches Pulver darstellt. Trotzdem dieses Pulver die Eigenschaft besitzt, basische Teerfarbstoffe ohne Fällungsmittel zu binden, findet es in der Farbenfabrikation für diese Zwecke keine Verwendung, da diese Farblacke zu wenig Deck- und Farbkraft besitzen würden.

Man benutzt den Talk zum Polieren von Lackanstrichen, von Marmor- und Gipswaren, zur Herstellung von Schneiderkreide, Schminke, Pastellfarben, sowie als Streupulver für neue Handschuhe und Stiefel.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit verd. Säuren erfolgt kein Aufbrausen; beim Erwärmen mit konz. Säuren erfolgt meist klare Lösung. 2. Die unter 1. erhaltene klare Lösung gibt auf Zusatz von Ammoniak einen gallertartigen Niederschlag, fügt man zu der klaren Lösung vor dem Hinzugeben von Ammoniak aber Chlorammonium hinzu, so ensteht kein Niederschlag.

Erfolgt beim Erwärmen mit konz. Salzsäure keine Lösung, so dürfte ein Verschnitt mit Schwerspat oder Ton anzunehmen sein. Die quantitative Untersuchung wird vorgenommen, wie sie in Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie, Leipzig 1905, für Silikate vorgeschrieben ist.

Mahagonibraun s. 61, 29, 19.

Malachitgrün s. 53.

Malerweiß s. 17.

Manganbraun s. 61, 90.

61. Manganoxyde.

a) Manganbraun, Bister, Sammetbraun, Manganoxydhydrat.

Chemische Zusammensetzung: Manganbraun ist Manganihydroxyd von der Formel $Mn(OH)_3$. Es ist ein Naturprodukt, das sich als Mineral Manganit, oft in Begleitung von Kalkspat und Schwerspat, in stahlgrauen bis eisenschwarzen Kristallen vorfindet. Die Darstellung des Manganbrauns beschränkt sich auf Vermahlen und Schlämmen, um es von ev. Kalkspat und Schwerspat zu trennen. Es kann

auch künstlich dargestellt werden durch Fällen von Manganchlorürlösung mit Natronlauge.

Farbton nach Ostwald: 13.02.91—13 sl.

Handelsform: Manganbraun kommt als braunes Pulver in den Handel.

Eigenschaften und Verwendung: Manganbraun ist in Salzsäure beim Erwärmen unter Chlorentwicklung löslich; von Laugen wird es nicht angegriffen, beim Erhitzen wird es schwarz.

Bez. der Verwendung des Manganbrauns sei auf Umbra, cyprische verwiesen.

b) Braunstein, Manganschwarz, Mangansuperoxyd (s. auch Manganoxyde unter M.). Pyrolusit; engl.: Manganese; franz.: Manganèse.

Chemische Zusammensetzung: Mangansuperoxyd von der Formel MnO_2. Es ist ein Naturprodukt, das sich in großen Mengen namentlich bei Ilmenau in Thüringen, bei Gießen, Ilefeld am Harz, am Niederrhein, in Böhmen, Frankreich, Spanien, Nordamerika vorfindet. Der bergmännisch gewonnene Braunstein wird gemahlen und ev. geschlämmt und kommt als braunschwarzes Pulver in den Handel.

Eigenschaften und Verwendung: Braunstein ist in Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich; beim Behandeln mit Alkalien bleibt er unverändert, beim Erhitzen wird er schwarz, etwa beigemischte Kohle verglimmt beim Glühen.

In der Maltechnik hat Braunstein wohl kaum Verwendung gefunden, dagegen in der Firnis- und Sikkatifbereitung, sowie als vorzügliches Oxydationsmittel.

Manganschwarz s. 61b.

62. Manganviolett.

Andere Namen: Nürnbergerviolett, Mineralviolett.

Chemische Zusammensetzung: Manganviolett ist Manganphosphat von der Formel $Mn_2(PO_4)_3$. Es ist ein Kunstprodukt: Braunstein wird mit Ammoniumphosphat geschmolzen, wobei Ammoniak entweicht und schließlich eine violette Masse entsteht, die mit Phosphorsäure durchfeuchtet und dann so lange erhitzt wird, bis sie eine schöne violette Färbung angenommen hat. Nach dem Abkühlen wird sie mit phosphorsäurehaltigem Wasser ausgewaschen; es bleibt dann das reine Pigment zurück, das in Wasser ganz unlöslich ist.

Farbton nach Ostwald: 42.10.62—42 lc.

Handelsform: Manganviolett kommt als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Als Verschnitt für Manganviolett dienen namentlich Lacke der Teerfarbstoffe.

63. Manganweiß.

Chemische Zusammensetzung: Besteht aus Manganokarbonat von der Formel $MnCO_3$, das man als weißen wasserhaltigen Niederschlag erhält, wenn man eine Lösung von Manganchlorid oder -sulfat mit kohlensaurem Natron fällt. Es ist an der Luft sehr unbeständig und färbt sich namentlich an feuchter Luft rasch bräunlich, so daß es für Anstrichzwecke kaum in Betracht kommt.

In verdünnten Säuren ist es unter Aufbrausen löslich, die Lösungen geben auf Zusatz von Ammoniak und Ammoniumsulfid einen fleischfarbenen Niederschlag von Mangansulfid. Von Alkalien wird es nicht angegriffen, beim Erhitzen wird es schwarz, indem es sich in Manganoxyd resp. Manganoxyduloxyd verwandelt.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, ist gegen verd. Säuren ziemlich beständig; beim Erwärmen mit Salzsäure und Zusatz von etwas Zucker tritt Entfärbung ein. Manganviolett wird von Alkalien zersetzt, indem sich klare Flüssigkeiten und ein brauner Bodensatz bilden.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Manganviolett kann mit anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Manganviolett verändert sich beim Erhitzen nicht.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Bedarf des Manganvioletts an Öl ist ein mittlerer, etwa 35—40%.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Manganvioletts ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur Erkennung des Manganvioletts mischt man eine kleine Probe mit Soda und schmilzt auf dem Platinblech; es entsteht eine lebhaft grüne Schmelze von Natriummaganat, die sich in Wasser mit grüner Farbe löst, beim längeren Stehen aber ins prachtvoll Violette übergeht unter Bildung von Natriumpermanganat.

Für die quantitative Untersuchung würde eine Bestimmung von Mangan und Phosphorsäure, ev. Unlöslichem vorzunehmen sein, die ohne besondere Schwierigkeit nach Treadwell, Lehrbuch der quantitativen Analye, Leipzig 1905, ausgeführt werden kann.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe verwendbar, als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht geeignet, da es Kalk- und Laugen gegenüber nicht widerstandsfähig genug ist.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Manganviolett ist sowohl Künstler- wie auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und

wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Manganviolett ist ein lichtbeständiger Farbstoff, der mit allen anderen Farben verträglich ist; es kann in allen Techniken verwendet werden, nur für die Fresko-, Kalk-, Kasein- und Mineralmalerei an Wasserglas taugt es nichts, da es von Kalk und alkalischen Laugen angegriffen wird.

Marienglas s. 34.
Marineweiß s. 50.
Marmorweiß s. 50.
Marsgelb s. 68.
Massikot s. 10.
Matthias Plessygrün s. 24.
Mennige s. 12, 29.

64. Metallfußbodenfarbe; Metallocker, Wörlitzer Fußbodenfarbe, Wörlitzer Cohn.

Chemische Zusammensetzung: Metallfußbodenfarbe ist ein Gemenge von Eisentonsilikat (Ocker) mit wechselnden Mengen von Bleigelb und Chromgelb bzw. Manganresinat.

Die Darstellung erfolgt durch Mischen von fein geschlämmtem Ocker mit Chromgelb und Bleigelb bzw. mit Mangantrockenstoffen in geeigneten Misch- und Mahlmühlen.

Handelsform: Pulver.

Verschnittsorten, Verfälschung: Als Verschnittsorten kommen mit Teerfarbstoffen geschönte Ocker ohne trocknende Metallzusätze in Frage.

Verhalten: Metallfußbodenfarben sind, wenn bleihaltig, giftig. Durch Schwefelwasserstoff werden die bleihaltigen Metallfußbodenfarben angegriffen, indem sich schwarzes Bleisulfid bildet. Säuren greifen Metallfußbodenfarben an, die chromgelbhaltigen geben gelbgefärbte Lösungen. Natronlauge, Kalilauge verändern die Metallfußbodenfarben, indem sie Blei- und Zinksalze auflösen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Metallfußbodenfarben können mit allen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Gut widerstandsfähig.

Hitzebeständigkeit: Metallfußbodenfarben werden durch Erhitzen dunkler.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf der Metallfußbodenfarben ist je nach ihrem Gehalt an trocknenden Metalloxyden etwas geringer als der des Ockers.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit der Metallfußbodenfarben ist sehr gut.

Kalkechtheit: Die chromgelbhaltigen Metallfußbodenfarben sind nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft der Metallfußbodenfarben in Öl ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung können folgende Merkmale dienen: 1. Chromgelbhaltige Fußbodenfarben färben Kalilauge oder Natronlauge beim Schütteln gelb; die abfiltrierte Lösung gibt auf Zusatz von Essigsäure einen gelben Niederschlag von Bleichromat. 2. Enthält die Metallfußbodenfarbe kein Chromgelb, sondern nur Bleigelb, so wird die nach 1. erhaltene Lösung nicht gefärbt erscheinen, aber Blei und Zink enthalten, das mit Kaliumbichromat oder Kaliumferrozyanid nachgewiesen werden kann. Zur Prüfung auf Mangan erhitzt man die salpetersaure Lösung in einem Reagensglas mit Bleimennige und konz. Salpetersäure; erscheint die über dem Niederschlage befindliche, nach kurzer Zeit geklärte Flüssigkeit violett gefärbt, so ist Mangan vorhanden.

Die quantitative Untersuchung, bei der auf Chromgelb, Schwerspat, Bleigelb, Ocker und ev. Mangansalze Rücksicht zu nehmen ist, gestaltet sich etwas umständlich. Nach Vorschrift des Verf. werden die Metallfußbodenfarben zunächst widerholt mit Kalilauge, dann mit verd. Salpetersäure ausgekocht, das Unlösliche abfiltriert, getrocknet, geglüht und gewogen; in diesem kann durch eine Schmelze mit Alkalikarbonat dann ev. Schwerspat bestimmt werden. In dem vereinigten Filtrat von der Alkali- und der Salpetersäureauskochung wird ev. nach schwachem Ansäuern mit verd. Salpetersäure durch Digerieren mit überschüssigem Alkalikarbonat alles Blei und Zink in unlösliche Karbonate übergeführt, die nach dem Abfiltrieren in Salpetersäure zu lösen sind; in deren Lösungen kann dann das Blei quantitativ durch Titration mit Kaliumbichromat, das Zink quantitativ durch Titration mit Kaliumferrozyanid (s. Chromgelb und Zinkweiß) ermittelt werden.

Verwendung: Metallfußbodenfarben werden nur in Öl zu Fußbodenanstrichen verwendet; sie geben einen rasch trocknenden, gut hart werdenden Anstrich und sind den mit gewöhnlichem Ocker hergestellten unbedingt vorzuziehen.

Ersatzstoffe s. unter Verschnittsorten.

Metallocker s. 22, 64.
Metallweiß s. 15.
Milchweiß s. 34.
Miloriblau s. 7.
Milorigrün s. 21.
Mineralbergblau s. 54.
Mineralblau s. 54, 7.
Mineralgelb s. 9.
Mineralgrau s. 82.
Mineralviolett s. 62.
Mineralweiß s. 6, 34.
Minium s. 12.
Mitisgrün s. 51.

Montpelliergelb s. 12.
Moosgrün s. 51, 24, 21.
Mülhauserweiß s. 15.
Münchenerlack s. 43.

65. Mumie, Mumiin.

Chemische Zusammensetzung: Unter Mumie versteht man Bitumen und Harze aus einbalsamierten Leichen; je nach dem Grade der Vermoderung der organischen Bestandteile sind sie dann reicher oder ärmer an phosphorsaurem Kalk.

Handelsform: Mumie kommt als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten resp. Verfälschung: Als Verschnitt resp. Verfälschung für echte Mumie dienen Umbraun und Asphalt.

Verhalten: Nicht giftig; von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Mumie ist gegen verd. Säuren widerstandsfähig, konz. lösen den phosphorsauren Kalk auf. Alkalien geben mit Mumie dunkelbraune Lösungen und Bodensatz.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Mumie darf nicht mit weißen oder schwarzen Farben gemischt werden und soll möglichst nur für sich verarbeitet werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Hitzebeständigkeit: Mumie schmilzt beim Erhitzen, bläht sich auf und verbrennt schließlich mit unangenehmen Geruch unter Hinterlassung einer grauweißen Asche von phosphorsaurem Kalk.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Mumie benötigt sehr viel Öl, 100%.

Trockenfähigkeit: Mumie besitzt nur sehr schlechte Trockenfähigkeit.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Mumie ist in Spiritus teilweise löslich.

Deckkraft: Mumie besitzt nur schlechte Deckkraft, wirkt mehr lasierend.

Prüfung und Untersuchung: Zur Prüfung auf echte Mumie verascht man eine kleine Menge und prüft die Asche auf phosphorsauren Kalk. Die quantitative Untersuchung hat den Gehalt an organischer Substanz, Asche und phosphorsaurem Kalk zu ermitteln, Bestimmungen, die in einfacher Weise auszuführen sind.

Verwendung: Mumie findet nur als Ölfarbe Verwendung.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Mumie ist nur Künstlerfarbe.

Ersatzstoffe: A's Ersatzstoffe dienen Umbraun und Asphalt; diese leisten völlig dasselbe, wie die echte Mumie, deren Bedeutung wohl in der Einbildung beruht.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Die echte Mumie wird nur als Künstlerfarbe in Öl verarbeitet und kann gut durch Umbraun oder Asphalt ersetzt werden.

Musivgold s. Zinnsulfid unter Z.

66. Neapelgelb; engl.: Naples yellow; franz.: Jaune de Naples.

Chemische Zusammensetzung: Neapelgelb ist basisches Bleiantimoniat von der Formel $Pb_3(SbO_3)_2(OH)_4$. Es ist ein Kunstprodukt und wird erhalten, wenn man Bleinitrat mit Alkaliantimoniat in der Siedehitze längere Zeit behandelt und den erhaltenen weißen Niederschlag nach sorgfältigen Auswaschen glüht. In neuerer Zeit pflegt man zur Herstellung des Neapelgelbs von dem Brechweinstein (Kaliumantimonyltartrat, s. d.) auszugehen, der mit Bleinitrat zunächst Antimonsäure und schließlich Bleiantimoniat bildet. Noch einfacher gestaltet sich die Darstellungsweise des Neapelgelbs durch Rösten von Antimonoxyd und reiner Silberglätte (Bleioxyd, s. d.), wobei noch erwähnt sei, daß dieses Verfahren wohl als das billigste angesehen werden kann.

Handelsformen: Je nach der Helligkeit des Tons kommt Neapelgelb in etwa sechs Farbenabstufungen (hellgrünlichgelb bis schwach rosaorange) in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Verfälschungen finden mit Ocker oder mit basischem Chlorblei statt; auch wird Neapelgelb oft mit Chromrot vermischt.

Verhalten: Neapelgelb ist giftig; es wird durch Schwefelwasserstoff angegriffen und geschwärzt, indem sich schwarzes Bleisulfid bildet. Neapelgelb wird von Säuren nicht angegriffen, die Flüssigkeiten müssen farblos bleiben; entstehen gelbe Lösungen, so deutet dies auf Chromrot (s. d.) hin. Es wird von Alkalien nicht verändert.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Neapelgelb kann mit allen anderen Farben gemischt werden; dagegen wird es durch metallisches Eisen, Zinn und Zink verfärbt, so daß es nicht mit Metallspachteln behandelt werden darf.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Unverändert.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Neapelgelb bedarf nur wenig Öl, etwa 15—20%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Neapelgelbs kann als sehr gut bezeichnet werden.

Farbton nach Ostwald:
Neapelgelb 1: 06.25.15—06 ga.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Nicht löslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Neapelgelbs ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Schmilzt man eine kleine Probe von Neapelgelb in einem kleinen Porzellantiegel mit etwas Schwefel und Natriumkarbonat und laugt die

Schmelze mit Wasser aus, so erhält man eine gelbe Lösung, die auf überschüssigen Säurezusatz einen orangeroten Niederschlag von Antimonsulfid liefern muß, während der in Wasser unlösliche Anteil aus schwarzem Bleisulfid besteht, das dann ebenfalls noch weiter charakterisiert werden kann. Verfälschungen mit basischem Chlorblei können leicht durch Auskochen mit verd. Salpetersäure, in der nur das basische Chlorblei löslich ist, und Prüfen des salpetersäurehaltigen Filtrats mit Silbernitrat auf Chlor nachgewiesen werden. Zur Prüfung auf Chromrot kocht man mit Salzsäure: Gelbfärbung der Lösung von Chromsäure deutet auf basisches Bleichromat (Chromrot) hin.

Die quantitative Untersuchung erfolgt am besten durch eine quantitative Schmelze, Bestimmung des Bleis als Bleisulfat und des Antimons als Antimontrisulfid.

Verwendung: In allen Techniken verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Neapelgelb wird sowohl als Künstler-, wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe verwendet.

Ersatzstoffe: Neapelgelb kann durch Chromgelb ersetzt werden; als billigere Ersatzstoffe dienen auf Schwerspat niedergeschlagene Teerfarben.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Neapelgelb kann in allen Maltechniken verwendet werden; trotzdem ist es nicht sehr verbreitet, da, abgesehen von seiner Giftigkeit und geringen Widerstandsfähigkeit gegen Schwefelwasserstoff, doch auch der erheblich hohe Preis einer allgemeinen Einführung hinderlich ist.

Neapelgrün s. 21.
Neublau s. 54, 7.
Neugelb s. 10, 20.
Neugrün s. 51.
Neuweiß s. 6.
Neuwiederblau s. 54.
Neuwiedergrün s. 51.
Nürnbergergrün s. 21, 20, 7.

67. Nürnbergerrot. Roter Ocker.

Chemische Zusammensetzung: Nürnbergerrot kann als eine durch Eisenoxyd rotgefärbte Erde, welche man auch künstlich aus der gelben durch Brennen herstellt, angesehen werden. Eine chemische Formel läßt sich der wechselnden Zusammensetzung wegen nicht aufstellen. Es kommt natürlich vor, namentlich in der Gegend zwischen Nürnberg und Bayreuth in großen Mengen, meistens mit gelber Erde gemischt, wird dort bergmännisch gewonnen und in Öfen gebrannt.

Handelsform: Nürnbergerrot kommt in Form von Muscheln in den Handel.

Verschnitt, Verhalten, Prüfung und Untersuchung s. Eisenoxyd.

Verwendung: Nürnbergerrot wird sowohl als Künstler-, wie auch als Dekorationsfarbe verarbeitet und kann als Aquarell-, Leim- und Temperafarbe, wie auch als Öl-, Wachs- und Lackfarbe Verwendung finden.

Nürnbergerviolett s. 62.
Nußschwarz s. 81.

68. Ocker. Chamois, Chinesischgelb, Eisenbraun, Eisenorange, Gelbe Hausfarbe, Gelbe Erde, Gelber Ton, Goldgelb, Goldocker, Kollerfarbe, Satinocker, Schöngelb, Rheingauer Erde, Ölocker, Bronzeocker, Braunrot, Wiener Ocker. Engl.: Ockre; franz.: Ocre.

Chemische Zusammensetzung: Ocker ist eine durch Eisenoxyd gefärbte Kieselerde. Bisweilen enthalten diese Ocker auch kohlensauren Kalk, wodurch das Farbvermögen natürlich abnimmt, wie auch durch häufig auftretende Manganoxyde eine dunklere Färbung bedingt ist. Man hat mit Glück versucht, durch Kalzinieren den Eisengehalt auf eine höhere Oxydationsstufe zu bringen, wodurch die Ocker eine hellere oder dunklere Färbung annehmen.

Ocker ist ein Naturprodukt und findet sich in der Natur in größeren Mengen, namentlich am Harz bei Goslar, Elbingerode, Tilkerode, im Siegenschen, bei Neustadt in Franken, in Bayern bei Amberg, in der Lausitz bei Wehren, im sächsischen Erzgebirge, bei Meißen, in Frankreich zu Vitry, St. Pourrain, Vierzon, Berroy, Combal, in Savoyen, in England. Ocker ist um so gelber, je mehr Eisenoxydhydrate er enthält, während die nur Eisenoxyd enthaltenden Tonsilikate eine rote Farbe (s. z. B. Nürnbergerrot) annehmen. Die bekanntesten und als Farbe begehrtesten Ocker sind die von Vierzon, Berry, Amberg, Heinitz und die unter dem Namen Danziger- und Nürnbergerocker gehenden, die aber einen anderen Ursprung haben. Die mageren oder sandigen Ocker finden als Farbe keine Verwendung oder erst nachdem sie durch Schlämmen vorbereitet sind. Durch Glühen wird die Farbe geändert und je nach den angewandten Hitzegraden ein Übergang aus dem Gelb in Rot, Braunrot und Rotbraun wahrgenommen. Der Glühprozeß wird in sehr einfacher Weise auf eisernen Platten ausgeführt, indem man kleine, linsengroße Stückchen unter Luftzutritt und stetem Umrühren so lange erhitzt, bis der Ocker den gewünschten Farbton angenommen hat.

Ein schönes Ockergelb, das ins Goldene spielt und daher auch den Namen Goldocker bekommen hat, wird künstlich

aus dem Berlinerblau dargestellt, indem man die feingepulverte Substanz in kleinen Schmelztiegeln sehr stark glüht. Der Goldocker ist ein sehr schönes Orangegelb, das gut in Öl trocknet.

Man kann Ockerarten auch künstlich bereiten, indem man eine Lösung von Eisenvitriol mit Kalkmilch anrührt und die Mischung unter öfterem Umrühren in flachen Gefäßen der Luft aussetzt, wodurch das Oxydulhydrat in das Oxydhydrat übergeht.

Handelsform: Ocker kommt in Pulverform und auch wohl in Hütchen in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Ocker wird selten verschnitten, zuweilen mit Schwerspat, was sich in der Ölfarbe durch Absetzen unangenehm bemerkbar macht. Er wird aber oft mit Teerfarben und mit Chromgelb geschönt.

Verhalten: Nicht giftig; wird durch Schwefelwasserstoff nicht verändert; verd. Säuren greifen Ocker in der Kälte nicht an; konz. lösen in der Wärme das in ihm enthaltene Eisen auf. Alkalien verändern Ocker nicht.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Ocker verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Ocker ist hitzebeständig; erst bei längerem Erhitzen wird er etwas dunkler.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Ockers ist ziemlich hoch, 50—70%.

Trockenfähigkeit: Ocker trocknet in Ölfarbe nur mittelmäßig.

Farbtöne nach Ostwald:

Ocker gebrannt N 9:
19.16.38—19 ic.
Goldocker hell:
09.16.35—09 il.
Goldocker dunkel:
12.12.37—12 kc.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Ockers ist mittelmäßig, er wirkt mehr lasierend.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit 10%iger Salzsäure erfolgt kein Aufbrausen, 2. durch Schütteln mit kalter Säure oder Lauge darf nichts in Lösung gehen; 3. beim Glühen wird Ocker etwas dunkler, verändert sich aber sonst nicht weiter.

Eine quantitative Untersuchung des Ockers wird wohl in den seltensten Fällen vorgenommen werden; diese würde, wie bei Englischrot bzw. Eisenoxyd angegeben, auszuführen sein. Häufig dürfte dagegen eine Prüfung auf Schönung mit Chromgelb oder Teerfarben vorzunehmen sein (wodurch unansehnlich gefärbte Ocker in Goldocker verwandelt werden). Zur Prüfung auf Chromgelb kocht man den Ocker mit Kalilauge und filtriert; ist das Filtrat gefärbt, so liegt Schönung vor, die sich beim Versetzen mit Essigsäure durch einen gelben Niederschlag als Chromgelb zu erkennen gibt. Teerfarbstoffe können in einer neuen Probe durch Schütteln mit Alkohol nachgewiesen werden; sofern der Alkohol (Spiritus) nach dem Absetzen deutlich gefärbt erscheint, liegt Schönung durch Teerfarben vor.

Verwendung: Für alle Techniken verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Ocker ist sowohl Künstler- wie auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: s. unter Verschnittsorten. Hauptsächlich wird Ocker mit Chromgelb oder Teerfarbstoffen geschönt.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorgänge, sowie der Mängel und Schäden: Je nach der Feinheit der Mahlung und der Reinheit des Tones unterscheidet man verschiedene Qualitäten, die sowohl als Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarbe Verwendung finden und als Aquarell-, Leim-, Temperafarbe, als auch Öl-, Wachs- und Lackfarbe, für Fresko-, Kalk-, Kasein-, Sgrafittomalerei, Kalkanstrich, in der Stereochromie und Mineralmalerei verarbeitet werden, zumal auch der Preis — etwa 20 Pf. das Kilo — sehr billig ist.

69. Ölgrün.

Lt. Farbenztg., Berlin 1915 Nr. 17, 438 kann jedes ölechte Grün, das möglichst lichtecht und deckend sein soll, also namentlich auch die auf Substrate niedergeschlagenen Farbstoffe, als Ölgrün bezeichnet werden.

Ölgrün s. a. 21.
Ölocker s. 68.
Ölschwarz s. 81.
Ofenschwärze s. 35.

70. Olivgrün.

Unter Olivgrün versteht man eine Reihe von Mischfarben mit Kohlenschwarz; als erstere dienen:

1. Gemische von Berlinerblau mit Chromgelb oder Zinkgelb,
2. Gemische von Smaragdgrün mit Chromgelb oder Zinkgelb,
3. Gemische von Ultramarin mit gelben Pigmenten.

Je nach dem Vorwiegen von Blau bezw. Grün und Schwarz oder aber der gelben Pigmente werden die Olivgrüne als dunkelgrüne, hellgrüne oder gelbgrüne Olivfarben in den Handel kommen, nachdem

sie vorher mit oft wunderbaren Phantasiebezeichnungen versehen sind.

Zur näheren Kenntnis sei auf die einzelnen Bestandteile verwiesen.

Operment s. Arsensulfide unter A.

Orangemennige s. 10.

71. Orlean.

Annotto, Arnotta, Attalo, Terra orellana. Engl.: Anata; franz.: Rocou.

Chemische Zusammensetzung: Orlean ist ein Pflanzenfarbstoff, der aus dem Samen des Rukubaumes gewonnen wird und dessen Hauptfarbstoff das Bixin von der Formel $C_{28}H_{34}O_5$ ist. Er ist ein Kunstprodukt, zu dessen Darstellung die entschälten, mit Wasser durchgekneteten und verrührten Früchte bis 3 Wochen unter Gärung sich selbst überlassen und dann durch Siebe getrieben werden. Sobald sich die Flüssigkeit klar abgesetzt hat, wird sie von dem roten Bodensatz abgegossen, letzterer eingedickt, zu Kuchen geformt und entweder ganz ausgetrocknet oder in Schilf und Blätter gewickelt.

Der Orlean wird zuweilen durch mineralische Zusätze (Erdfarben) gefälscht; reiner Orlean darf nicht mehr als 10% Asche hinterlassen.

Anwendung: In der Maltechnik findet Orlean kaum Verwendung, dagegen ist er für Baumwolle, Seide und Wolle ein substantiver Farbstoff, der schöne orangerote Töne ergibt, die Säuren, Seifen und Chlor gegenüber widerstandsfähig, aber wenig lichtecht sind.

Sehr verbreitet ist auch seine Verwendung zum Schönen von Butter, Käse, Margarine usw.

72. Orseille.

Oricello, Orchilla; engl.: Archil; franz.: Orseille.

Chemische Zusammensetzung: Orseille ist ein Pflanzenfarbstoff, der aus verschiedenen Flechtenarten wie Roccella, Variolaria, Lecanora usw. gewonnen wird und dessen Farbkörper das Orcein $C_7H_8O_2$ ist. Es ist ein Naturprodukt, zu dessen Darstellung die Pflanzen zunächst von dem anhaftenden Sand, Steinen usw. befreit, dann kräftig mit Wasser verrührt und durchgearbeitet, zuweilen auch gekocht und dann auf Siebe gegeben werden. Die farbgebenden Bestandteile sind nun z. T. im Wasser gelöst, z. T. als Pulver darin suspendiert. Die abgeschiedene Flüssigkeit wird mit Ammoniak versetzt und leicht erwärmt; der Farbstoff scheidet sich dann in Teigform ab und kommt so als Orseille en pâte in den Handel. In Schottland wird ein Orseillepräparat unter der Bezeichnung Persio oder Cudbear (roter Indigo) hergestellt. Unter französischem Purpur versteht man ebenfalls ein Orseillepräparat, das durch kalte Behandlung mit Ammoniak aus den Flechten erhalten wird.

Das reine Orcein gewinnt man aus der künstlichen Orseille durch Ansäuern mit Salzsäure, Abdampfen der Lösung und Trocknen; Orcein ist ein karmoisinrotes Pulver.

Verschnitt bzw. Verfälschung: Verfälscht wird Orseille durch Blau- oder Rotholzextrakt, auch durch Fuchsin.

Wertbestimmung: Die Wertbestimmung der Orseille wird durch Probefärben nach einer Vorschrift v. Cochenhausens[1]) in der Weise ausgeführt, daß man 5 g des zu untersuchenden Präparates in 1 L Wasser löst und 50 ccm der Lösung auf 1 g Wolle heiß ausfärbt. Dem Farbbade werden 10% vom Wollgewicht Alaun und 2% Weinsteinsäure zugesetzt. Die ausgefärbte Wolle wird dann mit vorhandenen Standardproben verglichen, die unter denselben Bedingungen ausgefärbt sind.

Zur Bestimmung der farbstoffhaltigen Flechtensäuren in der Pflanze werden 100 g zerkleinerte Pflanzen zweimal mit verd. Natronlauge warm extrahiert. Diese Lösung wird nun mit einer Lösung von Natriumhypochlorit von bestimmtem Gehalt oxydiert, bis die anfangs auftretende tief blutrote Färbung der Lösung ganz verschwunden ist und die Flüssigkeit eine rein gelbe Farbe angenommen hat.

Verwendung: Orseille wird nicht in der Maltechnik verwendet, sondern ausschließlich zum Färben in der sog. Orseillefärberei, die bis auf die heutige Zeit außerordentlich vielseitig und umfassend geblieben ist.

Panetiergrün s. 24.
Papageigrün s. 51.
Pariserblau s. 7.
Parisergelb s. 20, 12.
Pariser Lack s. 43.
Pariserrot s. 100, auch 31.
Pariserschwarz s. 81.
Pariserweiß s. 50.
Patentgelb s. 12.
Patentgrün s. 51.
Patentrot s. 100.
Patentzinkweiß s. 58.
Perlgrau s. 96.
Perlweiß s. 93.
Permanentgelb s. 5.
Permanentgrün s. 21.
Permanentrot s. 13.
Permanentweiß s. 6.
Persische Beeren s. 32.

[1]) Zerr u. Rübencamp, Handbuch der Farbenfabrikation, Berlin 1909, S. 635.

Persischgrün s. 51.
Persischrot s. 25.
Pflanzenfarbstoffe: s. Alizarinkrapp, Blauholz, Drachenblut, Gelbbeeren, Gelbholz, Gummigutt, Indigo, Karmin, Karminlack, Katechu, Krapp, Lac dye, Lackmus, Lokao, Orlean, Orseille, Safflor, Safran, Saftgrün, Schüttgelb, Wau, Waras, Wongshy.
Pfeifenton s. 18.
Platingrau s. 96.
Polierrot s. 31.
Pompejanischrot s. 31.
Porzellanerde s. 18.
Preußischblau s. 7.
Preußischgrün s. 37.
Preußischrot s. 31.
Pürree-Lackfarbe s. 39.
Purpurrot s. 31.

73. Quecksilberjodid.

Jodinrot, Jodzinnober, Scharlachrot, Escarlet, Scarlet oder Scarlet red.

Chemische Zusammensetzung: Quecksilberjodid hat die Formel HgJ_2. Es ist ein Kunstprodukt, das in einfacher Weise durch Fällen einer wäßrigen Quecksilberchloridlösung mit einer ebensolchen von Jodkalium erhalten wird. Zur weiteren Reinigung und wohl auch um den Farbkörper haltbarer zu machen, kristallisiert man ihn aus einer heißen Salmiaklösung um, wäscht die Kristalle mit Wasser aus, trocknet und zerreibt sie zu einem feinen Pulver.

Handelsform: Quecksilberjodid kommt als scharlachrotes Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Verschnitt oder Verfälschung dieser wenig gefragten Quecksilberverbindung kommen kaum vor.

Verhalten: Giftig; wird durch Schwefelwasserstoff angegriffen. Säuren greifen Quecksilberjodid an, indem sie es auflösen. Natronlauge, Kalilauge lösen Quecksilberjodid nicht auf, dagegen Ammoniumsalze und Jodkalium.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Quecksilberjodid darf nicht mit Berlinerblau, Kupferfarben, Zinnobergrün gemischt werden.

Lichtechtheit: Nicht lichtecht.

Hitzebeständigkeit: Nicht hitzebeständig.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Quecksilberjodids ist gering.

Trockenfähigkeit: Quecksilberjodid trocknet in Leinöl nur langsam.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Quecksilberjodids ist als gut zu bezeichnen.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung können folgende Merkmale dienen: 1. Quecksilberjodid färbt sich beim Erhitzen zitronengelb und verflüchtigt sich beim weiteren Erhitzen vollständig. 2. Verreibt man Quecksilberjodid auf einem blanken Kupferblech mit etwas Salpetersäure, so wird es braun und das Kupferblech amalgamiert sich mit met. Quecksilber. 3. Quecksilberjodid wird von Kaliumjodidlösung zu einer farblosen Flüssigkeit gelöst. Wenn die unter 1. behandelte Probe einen Rückstand hinterläßt, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat oder Bleimennige vorhanden.

Die quantitative Untersuchung erfolgt durch Bestimmung des Quecksilbers und des Jods; das erstere wird in bekannter Weise (s. Treadwell, Lehrbuch der analyt. Chemie, Leipzig 1905) als Quecksilbersulfid bestimmt, während das Jod als Silberjodid gefällt und gewogen werden kann.

Verwendung: Quecksilberjodid ist als Wasserfarbe vollständig unbrauchbar; in Öl angerieben, ist es haltbarer. Bei gelinder Temperaturerhöhung ist es aber teilweise flüchtig und zersetzt sich besonders leicht beim Zusammenkommen mit met. Eisen unter Bildung von met. Quecksilber und dunkelgrünem Eisenjodid.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Quecksilberjodid werden Bleimennige, imitierter Zinnober, gefärbter Schwerspat angegeben.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Quecksilberjodid besitzt keine Eigenschaften, die seine Anwendung als Farbe berechtigt erscheinen ließen. Es ist nicht lichtecht, verflüchtigt sich in gelinder Wärme allmählich und verschwindet schließlich gänzlich von der Bildfläche. Trotzdem findet man es mitunter doch unter den Malerfarben des Handels.

Charakteristisch ist sein Verhalten gegen Jodkaliumlösung, von der es zu einer ganz farblosen Flüssigkeit leicht gelöst wird; es kann somit leicht auf Reinheit geprüft werden.

Quecksilbersulfid s. 100.

74. Querzitrin.

Chemische Zusammensetzung: Das Querzitrin von der Formel $C_{21}H_{22}O_{12}.2H_2O$ ist in dem Querzitron, der getrockneten Rinde einer in Nordamerika wachsenden Eichenart enthalten. Es wird dargestellt, indem man die Rinde 6 Stunden lang mit der fünffachen Menge 85%igen Alkohols auskocht. Die Lösung wird dann durch Abdestillieren der Hälfte des Alkohols konzentriert und nach Zusatz von Eisessig eine alkoholische Bleiazetatlösung vorsichtig hinzugegeben, wodurch die Verunreinigungen ausgefällt werden. Man filtriert von der Fällung ab und leitet

Schwefelwasserstoff in das Filtrat, um das Blei zu entfernen. Das Filtrat wird dann zur Trockne eingedampft und der Rückstand, das Querzitrin, zwei bis dreimal aus kochendem Alkohol umkristallisiert. Das so erhaltene Querzitrin stellt leicht gelbgefärbte, glänzende, feine Nadeln oder Schuppen dar.

Verhalten, Verwendung: Querzitrin besitzt keine maltechnischen Eigenschaften; es wird nur zum Drucken und Färben von Baumwolle, in geringem Umfange auch wohl zur Seiden- und Wollfärberei verwendet. Alle Färbungen mit Querzitrin sind von mäßiger Lichtbeständigkeit und dunkeln zum Teil nach.

Raymundblau s. 7.
Realgar s. Arsensulfide unter A.
Rebschwarz s. 81, c.
Rehbraun s. 68.
Reißblei s. 35.
Resedagrün s. 51.
Rinmannsgrün s. 47.
Rötel s. 31.
Rotblei s. 12.
Rote Erde s. 68, 29, 31.
Roter Ocker s. 67.

75. Rotholzlack.

Geraniumlacke, Rote Lacke. Engl.: Redwood lake; franz.: Lacque de bois rouge.

Chemische Zusammensetzung: Den eigentlichen Farbstoff des Rotholzlackes bildet das „Brasilein" von der Formel $C_{16}H_{12}O_5$.

Rotholzlack wird aus einer großen Anzahl verschiedener Holzarten, die zur Familie der Leguminosen und Gattung der Caesalpinien gehören, in Form von Extrakten in derselben Weise dargestellt, wie dies bei Blauholz (s. d.) geschildert wurde. Auch im Rotholz ist der Farbstoff nicht fertig gebildet vorhanden, sondern in der Form einer wasserstoffreicheren Verbindung des Brasilins $C_{16}H_{14}O_5$, aus welcher bei vorsichtiger Oxydation erst der eigentliche Farbstoff, das Brasilein, erhalten wird.

Handelsform: Rotholzlack kommt in Form von Extrakten in den Handel.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Rotholzlacke geben mit verd. Säuren teilweise und verschieden gefärbte Lösungen von gelber, roter, violetter und brauner Färbung, indem sie mehr oder weniger stark angegriffen und zersetzt werden. Mit Alkalien entstehen violettrote Lösungen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Rotholzlacke können nicht mit anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Nicht lichtbeständig.

Hitzebeständigkeit: Rotholzlack verbrennt und hinterläßt ziemlich viel weiße Asche.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Rotholzlack bedarf viel Öl.

Trockenfähigkeit: Rotholzlack trocknet in Leinöl langsam.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Löslich.

Deckkraft: Rotholzlack zeigt meist gute Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Die Prüfung und Untersuchung des Rotholzlackes hat sich mit der Darstellung des Brasilins bzw. des Brasileins zu befassen, für welche Chevreuil, Bolley und Kopp, v. Buchka und Erck verschiedene Methoden ausgearbeitet haben (s. Zerr und Rübencamp, Handbuch der Farbenfabrikation, Berlin 1909).

Verwendung: Rotholzlack ist im maltechnischen Sinne nur als Leimfarbe zu verwenden, seltener in Öl; dagegen spielte Rotholz namentlich früher in der Färberei eine bedeutende Rolle.

Ersatzstoffe: Als Ersatz für Rotholz wird ein dunkelgelbrotes Holz in den Handel gebracht, das von einer Baumwollpflanze, Baphia nitida, gewonnen wird und den Namen Cambalholz führt, aus dem durch Wasser ein gelbroter Extrakt gewonnen wird, der durch Bleisalze orangerot gefärbt wird.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Die Rotholzlacke haben gegenwärtig kaum noch eine maltechnische Bedeutung; ihre Verwendung erstreckt sich heute nur auf Anfertigung von Mischfarben in der Baumwollfärberei und in der Kattundruckerei, da die Färbungen wenig lichtecht, auch gegen Seife empfindlich sind und durch Säuren und Alkalien zerstört werden.

Rotstein s. 100.
Rouenerweiß s. 50.
Rubensbraun s. 19.
Rußbraun s. 19.
Rußschwarz s. 81.
Sächsischblau s. 7.

76. Safflor.

Engl.: Bastard saffran, safflower; franz.: Carthame.

Chemische Zusammensetzung: Unter Safflor versteht man die getrockneten Blütenblätter der Färberdistel, Carthamus tinctorius, von der 2 Arten, die persische und die ägyptische unterschieden werden. In diesen sind 2 Farbstoffe enthalten, das Safflorgelb und das Safflorrot, welches man auch Carthamin nennt.

Zur Darstellung von Safflor werden die Blütenblätter getrocknet, aus diesen wird dann der gelbe und rote Farbstoff dargestellt. Der gelbe hat aber praktisch gar keine Verwendung gefunden, weshalb

man auch wohl nur den roten Farbstoff, das Carthamin darstellt. Zu diesem Zwecke wird der Safflor zunächst zum Zwecke der Entfernung des gelben Safflors längere Zeit mit Wasser gewaschen; der Rückstand wird mit schwacher Sodalösung behandelt und ausgepreßt. In der alkalischen Lösung ist dann das Carthamin enthalten; aus ihr erhält man das reine Carthamin in der Weise, daß man Baumwolle ausfärbt, mit Essig- oder Zitronensäure das Carthamin frei macht, dann die Stoffe wieder mit Sodalösung behandelt. Die dunkelrote Sodalösung wird mit Säuren zersetzt, wodurch sich das reine Carthamin als karmoisinroter Niederschlag abscheidet.

Eigenschaften, Verwendung: Von den in den Handel kommenden Safflorpräparaten werden die meisten für Färbereien, Herstellung von Schminken, Färben von künstlichen Blumen und Likören, dagegen nur ganz vereinzelte für Malerfarben benutzt. Sie haben auch für Malerzwecke kaum Bedeutung, da die Safflorfarben ganz lichtunecht sind, trotzdem werden sie mitunter von Künstlern gebraucht.

Erkennung: Guten Safflor erkennt man äußerlich daran, daß er frei von Kelch- und Spreublättern ist und auch Mineralstoffe nicht enthält; auch soll er einen starken Geruch bei dunkelroter Farbe besitzen.

Safflower s. 76.

77. Safran.

Zusammensetzung: Unter Safran versteht man die getrockneten Blumenkronen von Crocus sativus, die gerieben ein dunkelrotgelbes Pulver von stark gewürzigem Geruch ergeben. Dieses besteht aus dem Safranöl, einem Bitterstoff und dem Farbstoff Crocin.

Verwendung: Safran wird nur noch zum Färben von Nahrungsmitteln gebraucht.

78. Saftgrün.

Zusammensetzung: Unter Saftgrün versteht man eine Abkochung von unreifen deutschen Gelbbeeren, der man etwas Indigokarmin und Alaun zugesetzt hat.

Es ist im allgemeinen sehr wenig haltbar und für die Farbentechnik fast ohne Bedeutung.

Außerdem wird auch Chlorophyll (Blattgrün) so genannt.

Samtbraun s. 61, 90.

Samtrot s. 31.

79. Sandelholz; engl.: Sanders, sandal wood.

Ist das von größeren Baumpflanzen Pterocarpus santalinus und Indicus stammende Holz, das in vierseitigen Blöcken in den Handel kommt. In ihm ist der Farbstoff Santalin enthalten.

Anwendung: Man verwendete Sandelholz hauptsächlich zum Färben von Baumwolle und Wolle und zwar benutzte man direkt das geraspelte oder gemahlene Holz; der Farbstoff wird erst durch Nachbeizen auf der Faser entwickelt.

Wegen der Lichtempfindlichkeit des Santalins benutzt man den Farbstoff heute nur noch zum Färben von Bäckereiwaren, Likören, Tinkturen usw.

Satinober s. 68.

Saturnrot, Saturnzinnober s. 12.

Saunders Blau s. 89.

Scarlet, Scarletred s. 73.

Scheeles Grün s. 51.

Schiefergrau s. 82.

Schieferweiß s. 17.

Schminkweiß s. 93.

Schneeweiß s. 17, 58, 99.

80. Schüttgelb.

Unter Schüttgelb versteht man eine vielgebrauchte Malerfarbe, die aus den Gelbbeeren hergestellt wird; es ist eine Lackfarbe, die meist in Hütchen in den Handel kommt und namentlich als Anstrichfarbe, auch wohl zum Färben von Papier und Leder dient. Es ist aber nicht sehr beständig.

Farbton nach Ostwald: 0,5.06.60—05 ne.

Näheres s. unter Gelbbeeren.

Schöngelb s. 68.

81. Schwarz.

a) Beinschwarz, Elfenbeinschwarz, Pariserschwarz, Knochenschwarz. Engl.: Ivory black; franz.: Noir d'ivoire.

Chemische Zusammensetzung: Unter Beinschwarz versteht man Knochenkohle, eine aus etwa 14—20% Kohlenstoff und 80 bis 86% weißer Knochenerde (namentlich Kalziumphosphat) bestehende Masse. Beinschwarz ist ein Kunstprodukt, es wird dargestellt durch Verkohlen von entfetteten Knochen, ev. auch Elfenbein, unter Luftabschluß.

Handelsform: Beinschwarz kommt als feines Pulver, zuweilen auch in viereckigen Stücken in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung kommen wohl nur selten und dann nur mit Rußschwarz und Erdfarben bzw. Holzschwarz und Erdfarben vor; sehr selten wohl mit Schwerspat.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Salzsäure oder Salpetersäure lösen die in Beinschwarz enthaltenden Kalksalze auf, während die reine Kohle ungelöst zurückbleibt. Beinschwarz wird von Alkalien nicht angegriffen.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Beinschwarz kann mit allen anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.
Hitzebeständigkeit: Beinschwarz gibt beim Glühen viel weiße Asche (80—86%), die in Salz- oder Salpetersäure leicht löslich ist.
Öllöslichkeit: Unlöslich.
Ölbedarf: Beinschwarz bedarf sehr viel Öl, 80—100%.
Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Beinschwarz in Leinöl ist schlecht.
Kalkechtheit: Kalkecht.
Spritlöslichkeit: Unlöslich.
Deckkraft: Die Deckkraft des Beinschwarz ist gut.
Prüfung und Untersuchung: Beinschwarz wird von Rebenschwarz und Rußschwarz unterschieden, indem man es mit verd. Salpetersäure in der Wärme auszieht und die Lösung mit Ammoniummolybdat auf Phosphorsäure prüft: gelber Niederschlag Ammoniumphosphomolybdat.

Zur quantitativen Untersuchung bestimmt man den Feuchtigkeitsgehalt, Glühverlust und in der Asche den Gehalt an tertiärem Kalziumphosphat durch eine Phosphorsäureanalyse.
Verwendung: In allen Techniken gut verwendbar.
Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Beinschwarz kann sowohl als Künstler-, wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe Verwendung finden.
Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Beinschwarz dienen andere Kohlenschwarze mit Erdfarben bzw. Ton.
Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Beinschwarz zeigt trotz des hohen Gehaltes an weißer Knochenerde eine sehr tiefe schwarze Farbe, die absolut beständig, in allen Maltechniken, sowie auch zur Herstellung von Wichse mit bestem Erfolge verwendet werden kann.

b) Ruß, Lampenruß, Flammruß, Kienruß. Engl.: Soot black, lamp black; franz.: Noir de fumée.
Chemische Zusammensetzung: Feinpulverige, lockere Kohle, die sich in den leuchtenden Flammen von brennenden Harzen, Ölen, Fetten, Petroleum usw. ausscheidet.

Ruß ist ein Kunstprodukt, seine Darstellung geschieht in der Weise, daß man mit Lampenflammen einen Blechzylinder bestreicht, der auf einer horizontalen Schraubenachse gelagert, von innen gekühlt, langsam gedreht und dabei zugleich vorwärts bewegt wird. So belegt sich nach und nach der ganze Zylinder mit Ruß, der mit einer Klinge abgeschabt wird.

Alle Rußarten enthalten außer Kohlenstoff mehr oder weniger mitkondensierte, teerige Substanzen; um sie von diesen zu befreien, zu „entfetten", glüht man sie in Blechbüchsen verpackt, nochmals durch.

Ganz teerfreier und fast reiner Kohlenstoff ist der aus Azetylengas hergestellte Ruß, das Azetylenschwarz; ihm nahe steht der amerikanische Gasruß.
Handelsform: Ruß kommt als feines Pulver in den Handel.
Verschnittsorten, Verfälschung: Ruß wird mit Schiefer, Ton, Bolus, seltener mit Schwerspat verschnitten.
Verhalten s. Beinschwarz; beim Erhitzen muß er, ohne Asche zu hinterlassen, vollständig verbrennen.
Prüfung und Untersuchung: Rußschwarz unterscheidet sich von allem anderen Schwarz leicht dadurch, daß es vollständig ohne Asche verbrennt.
Verwendung wie Beinschwarz.
Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Ruß ist sowohl als Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe und zwar in allen Maltechniken zu verwenden; außerdem dient er zur Herstellung von Wichsen und Tuschen (von denen namentlich die chinesische die beste sein soll), in erster Linie aber zur Herstellung der Druckerschwärze.

c) Rebenschwarz, Rebschwarz, Frankfurter Schwarz. Engl.: Vine black; franz. Noir de vigne.
Chemische Zusammensetzung: In reinen Sorten ist Rebenschwarz das Verkohlungsprodukt der beim Lagern des Weinmostes sich absetzenden Weinhefe, dann aber auch der Weintrester, des Rebenholzes, der Rebenzweige, sowie ganz allgemein der harzfreien Hölzer.

Es wird durch Verkohlung der betr. Körper unter teilweisem Luftabschluß erhalten.
Handelsform: Rebenschwarz kommt als feines schwarzes Pulver in den Handel, auch in Hütchen.
Verschnittsorten resp. Verfälschung: Rebenschwarz wird mit Erdfarben, namentlich auch mit Ton verschnitten.
Verhalten wie Beinschwarz. Beim Erhitzen darf nur eine geringe Menge Asche (Karbonate von der Weinhefe bzw. erdige Verunreinigungen der Hölzer) zurückbleiben.
Prüfung und Untersuchung: Man hat eine Bestimmung der Mineralstoffe durch Veraschung vorzunehmen.
Eigenschaften wie Beinschwarz. Rebenschwarz ist namentlich in der Kunstmalerei besonders geschätzt und wird in seiner feinsten Qualität auch für Kupferdruck verwendet.

82. Schwarze Kreide.

Schiefergrau, Steingrau, Silbergrau, Mineralgrau.

Zur Darstellung der schwarzen Kreide wird der Tonschiefer, ein bituminöses Aluminiumsilikat, das sich hauptsächlich am Rhein, in der Eifel u. a. in mächtigen Ablagerungen vorfindet, vermahlen bzw. geschlämmt.

Handelsform: Feines weiches, gelblich- bis rötlichgrau gefärbtes Pulver.

Verschnitt, Verfälschung kommt wohl nicht vor.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Von Säuren wird schwarze Kreide in der Kälte nicht gelöst, bei längerem Erhitzen mit konz. Säuren erfolgt Lösung ev. unter Kieselsäureausscheidung.

Alkalien: Nicht verändert.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Schwarze Kreide kann mit allen anderen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Atmosphärilien: Wird von den Atmosphärilien nicht verändert.

Hitzebeständigkeit: Verliert manchmal beim Erhitzen gewisse Mengen von Kohlenwasserstoffen, Stickstoff, Schwefel usw. und besitzt dann eine bessere Deckfähigkeit.

Öllöslichkeit: In Leinöl unlöslich.

Ölbedarf: Mittelmäßig.

Trockenfähigkeit: Trocknet in Leinöl nur langsam, aber ungewöhnlich hart.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Schwarze Kreide zeigt mittelmäßige Deckkraft.

Prüfung und Untersuchung: Bei mäßigem Erhitzen darf schwarze Kreide sich nicht verändern, namentlich nicht wie Kohlenschwarz verglimmen.

Verwendung: Schwarze Kreide wird in der Maltechnik fast nur zum Wasseranstrich benutzt und nur selten, dann aber meist mit weißen Farben gemischt, in der Ölmalerei; dagegen findet schwarze Kreide vielfache Verwendung zur Herstellung von Ölkitt und Spachtelmasse.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für schwarze Kreide findet man im Handel die willkürlichsten Mischungen aus weißen, schwarzen, gelben und roten Mineralfarben, die mehr oder weniger denselben Zweck erfüllen und unter dem Namen „Filling up" verkauft werden; ursprünglich war dieser Name für geglühte schwarze Kreide im Gebrauch.

Schwarzer Zinnober s. Quecksilbersulfid unter Q.
Schwedischgrün s. 51.
Schwefelkadmium s. 40.
Schwefelquecksilber s. 100.
Schwefelzink s. 98.
Schweinfurtergrün s. 51.
Schweizergrün s. 21.
Schwerspat s. 6.
Seidengrün s. 21, 24.
Seladongrün s. 36.

83. Sepia.

Zusammensetzung: Sepia ist ein tierischer Farbstoff, der von den Sepien (Tintenschnecken oder Tintenfischen) gewonnen wird; diese besitzen eine Blase, die man Tintenbeutel nennt, die eine tief dunkelbraunschwarze Flüssigkeit enthält.

Der chemische Charakter der Sepia ist nicht genau bekannt, es scheint eine organische Säure zu sein.

Zur Darstellung der Sepia wird der Saft der Tintenbeutel eingetrocknet, in Alkali aufgelöst, filtriert und der Farbstoff durch Neutralisieren der alkalischen Lösung mit Salzsäure ausgefällt, wiederum filtriert, gewaschen, getrocknet und mit Gummischleim abgerieben.

Verwendung: Sepia dient in der Kunst- und Dekorationsmalerei namentlich als Aquarellfarbe, da sie eine der am Lichte beständigsten braunen organischen Farben sein soll.

Siegelerde s. 18.
Siena s. 86.
Silberglätte s. 10.
Silberweiß s. 17.
Sizilianische Erde s. 90.

84. Smalte, Schmalte, Königsblau, Zaffer, Dumontsblau, Eschel, Streublau. Engl.: Smalt.

Chemische Zusammensetzung: Smalte ist ein Gemenge von Kobaltsilikat (s. d.) mit durch Kobaltoxydul gefärbtem Kaliglas; sie besteht aus etwa 66,2—72,11 T. Siliziumdioxyd, 16,31—1,80 T. Kali und 8,64—20,04 T. Aluminiumoxyd. Außerdem finden sich darin noch kleine Mengen von Kalk, Eisen- und Nickeloxydul, arseniger Säure.

Smalte wird dargestellt durch Schmelzen von Kobaltoxyden, Kobalterzen, mit Pottasche und Kieselerde (Quarzpulver) und nachheriges Zerkleinern der Schmelzprodukte. Es ist für den Farbton von großer Wichtigkeit, nur reines Kobaltoxydul als färbende Substanz im Glasflusse zu erhalten, weshalb man wohl ein dem Gewicht der angewendeten Kobalterze gleiche Menge Arsenik zusetzt, wodurch die Metalle Eisen, Nickel, Kupfer als Arsenide gebunden werden und sich wegen ihrer Schwere am Boden der Schmelzhäfen ansammeln. Näheres s. Handbuch der Farbenfabrikation von Zerr und Rübencamp, Berlin 1909.

Handelsform: Smalte kommt als feines dunkelblaues Pulver in den Handel.

Verschnittsorten resp. Verfälschung: Smalte wird durch Zusätze von Gips, Ton und Ultramarin verschnitten bzw. verfälscht.
Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen und weder von verdünnten noch von starken Säuren, auch nicht beim Kochen verändert; auch Alkalien oder Ammoniak greifen selbst beim Kochen Smalte nicht an.
Verträglichkeit mit anderen Farben: Smalte ist nur für sich verwendbar.
Lichtechtheit: Lichtbeständig.
Atmosphärilien: Widerstandsfähig.
Hitzebeständigkeit: Smalte ist in der Hitze beständig, erst bei sehr starker Glühhitze schmilzt sie zu schwarzblauen Glastropfen.
Öllöslichkeit: Unlöslich.
Ölbedarf: Smalte bedarf nur wenig Öl.
Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit der Smalte in Leinöl ist schlecht.
Farbton nach Ostwald:
50.03.61 — 50 qa.*
Kalkechtheit: Kalkecht.
Spritlöslichkeit: Unlöslich.
Deckkraft: Die Deckkraft der Smalte ist gering.
Prüfung und Untersuchung: Smalte unterscheidet sich von Kobaltblau (Kobaltaluminat) dadurch, daß sie in Glühhitze schmilzt; von Ultramarin, daß sie durch Säuren nicht entfärbt wird und auch keinen Schwefelwasserstoff entwickelt.
Zur quantitativen Untersuchung muß eine Aufschließung mit Alkalikarbonat oder mit Fluorwasserstoffsäure vorgenommen werden; die Untersuchung ist umständlich und schwierig.
Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe verwendbar. Smalte ist als Öl- oder Lackfarbe wertlos, auch als Fresko-, Kalk-, Leimfarbe und als Wasserglasfarbe nicht geeignet.
Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Smalte ist sowohl Künstler- wie auch Dekorationsfarbe.
Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Smalte ist die älteste Kobaltfarbe, die jetzt durch das Kobaltblau vollständig verdrängt ist. Sie hat nur geringe Deckkraft und leidet durch Feuchtigkeit und Kohlensäure der Luft, da sie dadurch grauer und heller werden soll.

Smaragdgrün s. 24.
Spanischweiß s. 50.
Steinbühlergelb s. 5.
Steingrau s. 82.
Streublau s. 84.

85. Sublimiertes Bleiweiß. Engl.: Bartlett lead.
Chemische Zusammensetzung: Bleioxyd, Bleisulfat und Zinkoxyd.
Sublimiertes Bleiweiß wird durch Rösten von Zinkblende und Bleiglanz erhalten, wobei sich Bleioxyd und Bleisulfat bilden und ein „Rauch", der Bleioxyd, Bleisulfat und Zinkoxyd enthält und in besonderen Kammern aufgefangen wird. Die Zusammensetzung des „Sublimierten Bleiweiß" ist nicht gleichmäßig.
Handelsform: Sublimiertes Bleiweiß kommt in Pulverform und in Öl angerieben in den Handel.
Verschnittsorten resp. Verfälschung: Sublimiertes Bleiweiß wird hauptsächlich durch Schwerspat verschnitten bzw. verfälscht.
Verhalten wie Bleiweiß.
Prüfung und Untersuchung: s. Bleisulfat. Die mit verdünnter Salpetersäure erwärmte Farbe darf nicht vollständig in Lösung gehen, die Lösung muß sowohl Bleioxyd als auch Zinkoxyd enthalten, während das Unlösliche beim Erwärmen mit Kalilauge eine vollkommen klare Lösung gibt, zum Unterschied von Schwerspat, der auch hierin unlöslich ist und bestimmt werden kann.
Verwendung: Wie Bleiweiß bzw. Bleisulfat.
Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Sublimiertes Bleiweiß ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.
Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Sublimiertes Bleiweiß soll als Ersatz für das gewöhnliche Bleiweiß dienen, hat aber vor letzterem nichts voraus, da es auch giftig ist und die Farbe nicht rein weiß ist, sondern einen schmutziggrauen Stich hat. Die Deckkraft ist aber sehr gut.

Talk s. 60.

86. Terra di Siena, Sienaerde, Italienische Erde, Acajoulack. Engl.: Siena earth; franz.: Terre de Sienne.
Chemische Zusammensetzung: Terra di Siena ist eine Art reinsten Eisenoxydhydrates, das aber häufig noch etwas Ton enthält.
Terra di Siena findet sich in der Natur, namentlich in Siena in Italien; außerdem kommt sie in Toskana und im Harz vor. Da der Ton der natürlichen Terra di Siena von rein gelb bis braun wechselt, wird sie gebrannt, wodurch sich der Farbton ähnlich wie beim Ocker in rot oder rotbraun verändert; letztere wird dann als gebrannte Terra (di Siena) bezeichnet.
Handelsform: Terra di Siena kommt natürlich (ungebrannt) und gebrannt in den Handel, und zwar sowohl in Form von viereckigen Stücken, als in Hütchen, gerippten Täfelchen und in Pulverform.
Verschnittsorten, Verfälschung: Verfälschungen der Terra kommen wohl kaum vor, da-

gegen wird sie, namentlich die gebrannte, mit Teerfarbstoffen, vorzugsweise grünen, geschönt.

Verhalten: Nicht giftig. Sonst wie Ocker.

Mischbarkeit mit anderen Farben: Wie Ocker.

Lichtechtheit: Terra di Siena ist nicht vollständig lichtecht, da sie im Firnisaufstrich erheblich nachdunkelt.

Atmosphärilien: Wie Ocker.

Hitzebeständigkeit: Wie Ocker.

Öllöslichkeit: Wie Ocker.

Ölbedarf: Der Ölbedarf der Terra di Siena ist sehr groß und beträgt meist über 180 und bis 240%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit der Terra di Siena in Leinöl ist schlecht.

Farbtöne nach Ostwald:

N:
10.10.45—10 lc.
Ohne Bezeichnung:
13.04.66—13 pe.
Gebrannt:
10.94.63—19 pe.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Gering, wirkt lasierend.

Prüfung und Untersuchung: s. Ocker.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Terra di Siena wird sowohl als Künstler- wie Dekorations- und Anstrichfarbe verwendet, doch ist die Deckkraft so gering, daß sie fast ausschließlich als Lasurfarbe Verwendung findet.

Thenards Blau s. 45.

Ton s. Bolus.

87. Tonerdehydrat, Aluminiumhydroxyd (s. d. unter A.).

Tonerdehydrat bildet sich stets, wenn gelöste Aluminiumsalze mit kaustischen Alkalien oder Alkalikarbonaten zusammengebracht werden, doch ist das mit den verschiedenen Salzen gefällte Produkt von sehr wechselnder Beschaffenheit. Das mit kaustischen Alkalien erzeugte Tonerdehydrat fällt stets in schleimartiger, gelatinöser Form nieder, gleichgültig, bei welcher Temperatur hergestellt; da dieses hornartig austrocknet, auch im Überschuß der Fällungsmittel leicht löslich ist, kann es in der Farblackfabrikation keine Verwendung finden. Das mit Alkalikarbonaten niedergeschlagene Tonerdehydrat besitzt vollständig andere Eigenschaften; es ist im Überschuß der Fällungsmittel nicht löslich und fällt selbst aus sehr verdünnten Lösungen nicht so schleimig aus. Bei höheren Temperaturen und in nicht allzu konzentrierten Lösungen erzeugt, ist es undurchsichtig, von rein weißer Farbe und trocknet weich und pulverig.

Als Ausgangsmaterial zur Herstellung des Tonerdehydrates dient Aluminiumsulfat und Alaun. Die Fällung wird meist bei Siedetemperatur vorgenommen. Um ganz reines, salzfreies Tonerdehydrat zu erhalten, muß es mit Wasser gewaschen werden, was recht umständlich ist, da das bei der Fällung gebildete Natriumsulfat sehr hartnäckig zurückgehalten wird. Außer der richtigen Fällungsweise ist auch die Reinheit der Rohmaterialien von Belang, namentlich sollen diese frei von Eisen sein.

Handelsform: Tonerdehydrat kommt sowohl als Pulver, wie namentlich als feuchte Paste in den Handel.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Säuren greifen Tonerdehydrat an, indem sie es auflösen, d. h. in leichter lösliche Verbindungen überführen. Fixe Alkalien lösen Tonerdehydrat auf. In Ammoniak ist Tonerdehydrat unlöslich; aus den Lösungen in kaustischen Alkalien kann es durch Chlorammonium gefällt werden.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Tonerdehydrat verträgt sich mit allen anderen Farben.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Hitzebeständigkeit: Bei starkem Erhitzen wird Tonerdehydrat unter Abgabe von Wasser in Aluminiumoxyd (Tonerde) verwandelt.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Prüfung und Untersuchung: Beim Übergießen mit konz. Salzsäure erfolgt kein Aufbrausen, beim Erwärmen klare Lösung; in der Lösung bewirken kaustische Alkalien einen schleimigen Niederschlag, der im Überschuß des Fällungsmittels wieder löslich ist, während der mit Ammoniak erzeugte Niederschlag im Überschuß von Ammoniak nicht löslich ist. Hinterbleibt beim Erhitzen mit konz. Salzsäure ein Rückstand, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat, Kaolin, Ton vorhanden. Aufbrausen deutet auf Kreidezusatz. Die quantitative Bestimmung des Aluminiums s. Bolus.

Verwendung: Tonerdehydrat wird nur als Substrat für Farblacke benutzt. Für diese Zwecke soll das Tonerdehydrat möglichst frei von Eisen sein, da namentlich die Alizarinlackfarben gegen Eisen sehr empfindlich sind.

Totenkopfrot s. 31.

Tournesol s. 57.

88. Turnbulls Blau, Ferrizyaneisen.

Chemische Zusammensetzung: Während man früher das unter dem Namen Turnbulls Blau bekannte Ferrizyaneisen als eine Verbindung von Eisen und Zyan nach der Formel Fe_5Cy_{12} ansah, nimmt man

heute wohl mit größerer Wahrscheinlichkeit an, daß es eine Doppelverbindung von reinem Berlinerblau (Ferrozyaneisen) mit Ferrizyankalium ist. Diese wird erhalten, wenn man zu einer Ferrosulfatlösung eine Lösung von rotem Blutlaugensalz (Kaliumferrizyanid) gibt.

In seinem Verhalten zeigt dieses Blau ganz ähnliche Eigenschaften wie Ferrozyaneisen, Berlinerblau, s. d.

Im allgemeinen kann man wohl behaupten, daß Turnbulls Blau, obgleich es früher zu bedeutend höherem Preise verkauft wurde, dem Berlinerblau, sowohl was Aussehen als Güte anbetrifft, in vieler Hinsicht bei weitem nachsteht. Hieraus erklärt sich auch das nahezu gänzliche Verschwinden dieser blauen Farbe, wenigstens von dem deutschen Markt.

Tyrolergrün s. 36.

Turners Gelb s. 12.

89. Ultramarin. Engl.: Ultramarine; franz.: Outremer.

Je nach der Farbe unterscheidet man Ultramarinblau, -grün, -violett, auch -gelb und -rot, von denen aber wohl nur die beiden ersteren große Bedeutung erlangt haben.

a) Ultramarinblau, Lasurblau, Azurblau.

Chemische Zusammensetzung: Ultramarinblau besteht aus Aluminiumoxyd, Natriumoxyd, Kieselsäure und Schwefel; die chemische Formel ist noch nicht sicher aufgeklärt. Für ein an Kieselsäure und Schwefel reiches Ultramarin berechnet sich die Formel: $Na_6Al_4Si_6O_{20}S_4$.

Ultramarinblau ist sowohl Natur- als auch Kunstprodukt. Das natürliche stammt von dem Lasurstein, Lapis lazuli ab, doch wird es hauptsächlich künstlich dargestellt.

Die künstliche Darstellung des Ultramarinblaus erfolgt hauptsächlich nach zwei Methoden, 1. der Soda-, 2. der Sulfatmethode. Nach der ersten werden Soda, weißes Kaolin, Schwefel und wenig Kohle (oder Harz) aufs feinste gemahlen, in Tiegeln oder Muffeln verschlossen und einer starken Glut ausgesetzt; hierdurch wird sofort Ultramarinblau erhalten, das dann noch einem Mahl- und Schlämmprozeß unterzogen wird. Sollen tiefer gefärbte Produkte erzielt werden, so ist der Kieselerde-(Kaolin)-Gehalt zu erhöhen. Nach dem zweiten, dem Sulfatverfahren, wird ein Gemenge von Natriumsulfat, Kaolin und Kohle (oder Harz) geglüht, wodurch eine Reduktion des Natriumsulfats zu Natriumsulfid hervorgerufen wird und zunächst eine grüne Farbmasse entsteht. Dieses, das sog. grüne Ultramarin, wird gewaschen, gesiebt und dann nochmals unter Luftzutritt mit Schwefel erhitzt, „blau gebrannt", wodurch allmählich ein feuriges Ultramarinblau erhalten wird, welches dann ebenfalls gewaschen und gemahlen wird. Näheres über Fabrikation und Konstitution s. L. Bock, Die Fabrikation der Ultramarinfarben, Halle 1918.

Handelsform: Ultramarinblau kommt als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Durch Zusätze von gebrannter oder kohlensaurer Magnesia, Kreide, Gips, Kaolin usw. wird Ultramarinblau verschnitten oder verfälscht. Auch kommen Glyzerinzusätze vor, wodurch das Ultramarinblau lange feucht und die Farbe tiefer gehalten wird.

Verhalten: Nicht giftig; wird durch Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Ultramarinblau wird schon durch verd. Säuren zerstört, d. h. unter Schwefelwasserstoffentwicklung völlig entfärbt. Ultramarinblau wird durch verd. Laugen nicht verändert; durch Ätzkalk nach längerer Einwirkung entfärbt.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Ultramarinblau darf nicht mit Kupferfarben, Barytgelb und Zinkgrün gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Hitzebeständigkeit: Ultramarinblau gilt im allgemeinen als glühbeständig; zuweilen verliert es beim Glühen etwas an Feuer und wird bei starker Glühhitze heller.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Bedarf des Ultramarinblaus an Leinöl ist ein mittlerer, etwa 30 bis 40%.

Trockenfähigkeit: Ultramarinblau trocknet in Leinöl nur langsam.

Farbtöne s. u.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Ultramarinblaus ist gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung des Ultramarinblaus übergießt man eine kleine Probe mit verd. Salz- oder Essigsäure; es muß schon in der Kälte beim Schütteln vollständig entfärbt werden und Geruch nach Schwefelwasserstoff erkennen lassen. Ultramarinblau darf namentlich kein Schwefelnatrium enthalten, das sich in der mit Wasser ausgekochten Lösung leicht nachweisen läßt. Schönung mit Teerfarben kann durch Schütteln mit Alkohol nachgewiesen werden.

Da die genaue chemische Zusammensetzung noch nicht bekannt ist, kann sich die quantitative Untersuchung nur auf die Bestimmung von evtl. Zusätzen, wie Schwerspat, Gips, Kreide und evtl.

Ton beschränken, die in der üblichen Weise ausgeführt wird.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe sehr gut verwendbar. Auch als Öl- und Lackfarbe kann Ultramarinblau gut verwendet werden; es zeigt, wie auch Zinnober, den Übelstand, mit Öl angerieben, gerne mit der Zeit das Öl abzuscheiden, was man durch Wachszusatz zu verbessern sucht.

Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben: Da Kalkhydrat Ultramarinblau mit der Zeit zerstört, kann es für Fresko-, Kalk-, Kaseinfarben nicht empfohlen werden.

Wasserglasfarbe: Auch in der Mineralmalerei in Wasserglas dürfte Ultramarinblau nicht besonders zu empfehlen sein, wenn auch die Einwirkung freien Alkalis erheblich langsamer als die des Kalkhydrates ist.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Ultramarinblau ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Ersatzstoffe für Ultramarinblau sind nicht bekannt; s. Verschnittsorten.

Wirtschaftliches: In Deutschland sind die bestehenden Ultramarinfabriken im Jahre 1890 zu einer Aktiengesellschaft unter dem Namen „Vereinigte Ultramarinfabriken vorm. Leverkus, Zeltner und Konsorten" in Köln vereinigt, welche jährlich etwa 7000 t künstliches Ultramarinblau herstellen.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Ultramarinblau ist namentlich für Aquarell-, Leim-, Öl- und Lackmalerei geeignet; es ist lichtecht, zeigt aber die unangenehme Eigenschaft, im Laufe der Zeit mitunter blind und weißlich zu werden, man nennt dies auch die Ultramarinkrankheit der Ölgemälde, eine Erscheinung, die namentlich in mäßig dicker Lage, in Lasuren selten, in Mischung mit Weiß aber noch nie beobachtet worden ist. Sehr leicht aber wird Ultramarinblau schon durch schwache Säuren zersetzt, so daß bei der Verarbeitung als Leimfarbe der Leim keine freie Säure enthalten darf. Sehr wichtig ist auch die Eigenschaft des Ultramarinblaus, Stoffe, die eine gelblich- oder rötlichweiße Farbe besitzen, durch einen geringen Zusatz von Ultramarinblau bedeutend weißer erscheinen zu lassen. Bekannt ist das Bläuen von weißer Wäsche; aber auch Bleiweiß, Kreide, Zucker, Fetten und besonders Papier wird durch Zusatz von Ultramarinblau zu einer schönen weißen Farbe verholfen. Für den Gebrauch in der Papierfabrikation ist es wichtig, daß Ultramarin durch Alaunlösung möglichst nicht oder nur langsam zersetzt wird.

b) Ultramaringrün.

Darstellung: s. Ultramarinblau.

Verhalten, Prüfung, Verwendung sind ganz gleich dem Ultramarinblau.

c) Ultramarinrot ebenso.

d) Ultramarinviolett wird aus dem blauen Ultramarin durch Behandeln mit Chlor oder Salzsäuregas erhalten und zeigt im allgemeinen die gleichen Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten wie Ultramarinblau.

Farbtöne von Ultramarinfarben nach Ostwald:

	Kennzeichen	Farbzeichen
Ultramarinrot N 16 .	36.17.50	36 hd
Ultramarinviolett 17 .	41.34.51	41 ed
Ultramarinviolett 20 .	44.22.53	44 gd
Ultramarinviolett 21 .	45.11.67	45ke
Ultramarinviolett 19 .	48.10.50	48 le
Ultramarinblau 5 . .	48.02.60	49 sa
Ultramarinblau 2 . .	49.01.62	49 ua
Ultramarinblau 12 .	50.04.44	50 pa
Ultramarinblau 15 .	54.06.53	54 na
Ultramaringrün 22 .	64.05.82	64 of
Ultramaringrün 23 .	70.09.75	70 le
Ultramaringrün 24 .	77.10.70	77 le
Ultramaringrün 25 .	80.15.65	80 ie

90. Umbra, cyprische, Samtbraun, Manganbraun, Kastanienbraun. Engl.: Raw Umber, Burnt Umber; franz.: Terre d'ombre.

Chemische Zusammensetzung: Umbra ist ein Aluminiumsilikat mit hohem Gehalt an Eisenoxydhydrat und Manganoxyd bzw. Mangansuperoxyd. Sie ist ein Naturprodukt, das auch gebrannt wird, wodurch das Eisenhydroxyd in Eisenoxyd übergeht und die Farbe dunkler wird.

Handelsform: Pulver; wird evtl. auch vorher gebrannt und dadurch dunkler, dann gebrannte Umbra genannt.

Verschnittsorten, Verfälschung: Umbra wird evtl. mit Kölnischer Umbra (s. d.), einem Braunkohlenprodukt, verschnitten. Häufiger aber erfolgt eine Schönung mit grünen Teerfarbstoffen.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen; ist in verd. Säuren mit gelblicher Farbe löslich; beim Erwärmen mit Salzsäure tritt Chlorgeruch auf. Umbra wird von alkalischen Laugen höchstens dunkler, darf aber sonst nicht verändert werden.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Umbra kann mit allen beständigen Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Umbra wird beim Erhitzen rotbraun (gebrannte Umbra).

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Umbra bedarf viel Öl, etwa 80 bis 100%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit der Umbra in Leinöl ist wegen des Mangangehaltes sehr gut.

Farbtöne nach Ostwald:

Umbra grünlich:
09.05.90—09 ol.

Umbra schwärzlich:
11.03.92—11 qm.

Umbra rötlich:
18.02.88—18 sk.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Umbra ist in Spiritus nicht löslich, darf auch Spiritus nicht färben (Unterschied von Kölnischer Umbra bzw. geschönter Umbra).

Deckkraft: Die Deckkraft der Umbra richtet sich nach ihrem Gehalt an Eisenoxydhydrat, ist aber meistens gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung der echten, sog. cyprischen Umbra erhitzt man eine kleine Probe mit Salzsäure, wodurch der charakteristische Chlorgeruch auftreten muß; andererseits darf sie, mit Alkohol geschüttelt, diesen nicht färben, was auf Schönung mit Teerfarbstoffen oder Vorhandensein von Kölnischer Umbra deuten würde.

Bei der quantitativen Untersuchung wird es sich wohl meistens nur um eine Bestimmung des Manganoxyds handeln, das am besten wie im Roheisen mit Kaliumpermanganat titriert wird.

Verwendung: Umbra kann mit gleichgutem Erfolge sowohl als Aquarell- und Leimfarbe, Fresko-, Kalk- Kasein- und Wasserglasfarbe, wie auch als Öl- und Lackfarbe Verwendung finden.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Umbra ist sowohl Künstler-, als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatz für cyprische Umbra kommen Gemenge von Abfall- bzw. Verwitterungsprodukten von Eisenerzlagern mit Manganoxyden in den Handel.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Umbra kann in allen Maltechniken mit gleichgutem Erfolge Verwendung finden, sie kann mit allen Farben gemischt werden und gehört wegen ihres hohen Mangangehaltes zu den besten Trocknern, bedarf aber sehr großer Mengen Öl, etwa 80—100%.

van Dyk-Braun s. 19.
van Dyk-Rot s. 25.
Venetianergrün s. 36.
Venetianerlack s. 42.
Venetianerweiß s. 17.
Venetianischrot s. 31.
Vermillon s. 100.
Veronesererde s. 68.
Veronesergelb s. 4.
Veronesergrün s. 36.
Viktoriagrün s. 21.

91. Waras. Unter Waras versteht man ein in den Samenhülsen einer in Indien und Afrika wachsenden Strauchpflanze enthaltenes Pulver, dessen Farbstoff das Flemingin $C_{12}H_{12}O_3$ ist.

Zur Darstellung des Waras trocknet man das in den Samenhülsen von Flemingia congesta enthaltene rote, harzige Pulver.

Verwendung: Waras wird hauptsächlich nur zum Färben von Seide verwendet, welche in kochender Sodalauge vorgenommen goldgelbe bis fast orange Töne ergibt.

92. Wau, Färberwau, Gelbkraut; engl.: Weld, dyers weed, wild woad; frz.: Gaude.

Zusammensetzung: Unter Wau versteht man eine zum Teil wildwachsende Resedaart, deren Farbkörper das Luteolin $C_{15}H_{10}O_6$ bildet.

Zur Darstellung des Wau trocknet man die einjährige Pflanze an der Luft.

Verwendung: Wau wird in der Färberei für Baumwolle und Wolle verwendet, doch sind die erzielten Töne weder licht noch seifenecht. Dagegen ist der Tonerdelack auf Seide widerstandsfähiger und wird wohl noch heute benutzt.

Waschblau s. 89.
Wienergrün s. 51.
Wienerlack s. 43.
Wienerrot s. 25.
Wienerweiß s. 50.

93. Wismutweiß, Schminkweiß, Perlweiß.

Chemische Zusammensetzung: Basisches Wismutnitrat von der Formel $Bi(OH)_2NO_3$ (s. d.).

Die Herstellung von Wismutweiß erfolgt, indem man zwei Teile Wismut in neun Teilen reiner Salpetersäure vom spez. Gew. 1,185 löst, die Flüssigkeit mit der Hälfte Wasser verdünnt und absetzen läßt. Die klar abgegossene Lösung wird eingedampft und die Kristalle des normalen Nitrats mit etwas salpetersäurehaltigem Wasser abgewaschen. Man zerreibt den einen Teil mit vier Teilen Wasser, gießt das Gemisch in 20 Teile heißes Wasser, sammelt den Niederschlag auf einem Filter, wäscht mit nicht zu viel Wasser aus und trocknet bei nicht über 30°.

In Frankreich gewinnt man Wismutweiß durch Auflösen eines Teiles Wismut in drei Teilen Salpetersäure vom spez. Gew. 1,3; Eindampfen auf zwei Drittel und Eingießen in das 40—50fache Gewicht Wasser.

Handelsform: Pulver und in Leinöl angerieben.

Verschnittsorten, Verfälschung: Als Verschnitt dienen Schwerspat und Kreide.

Verhalten: Giftig; wird durch Schwefel-

wasserstoff sehr leicht (noch leichter als Bleiweiß) angegriffen und in schwarzes Wismutsulfid verwandelt. Salpetersäure und Schwefelsäure lösen Wismutweiß auf, Salzsäure dagegen nicht. Es wird durch Alkalien nicht verändert.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Wismutweiß verträgt sich nicht mit solchen Farben, die Schwefel in der Sulfidform enthalten, wie z. B. Lithopone, Ultramarin.

Lichtechtheit: Lichtecht.

Hitzebeständigkeit: Wismutweiß wird durch stärkeres Erhitzen zersetzt; auf Kohle mit Soda erhitzt bildet sich ein weißes, sprödes Metallkorn und ein Beschlag, der in der Hitze orangefarbig, in der Kälte dagegen gelb ist.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Wismutweiß braucht nur wenig Öl.

Trockenfähigkeit: Wismutweiß trocknet als Ölfarbe nicht besonders gut.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Wismutweiß ist wohl der des Bleiweiß ähnlich.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung von Wismutweiß dienen folgende Merkmale: 1. In verd. Salpeter- oder Schwefelsäure ist Wismutweiß ohne Aufbrausen vollständig löslich. 2. Größerer Wasserzusatz ruft in den klaren Lösungen eine Fällung basischer Salze hervor, welche auch in Weinsäure unlöslich ist. Wenn die unter 1. hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern ein schwerer, weißer Niederschlag zurückbleibt, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat vorhanden. Die Prüfung auf Gips und Kreide erfolgt in der bekannten Weise (s. a. Antimonweiß).

Die quantitative Analyse befaßt sich mit der Bestimmung des Wismuts, das als Wismutoxyd gewogen wird, nachdem man in der klaren Wismutlösung das Wismut mit Schwefelwasserstoff gefällt, den Niederschlag nach dem Abfiltrieren in konz. Salpetersäure gelöst, mit Wasser verdünnt, mit Ammoniumkarbonat versetzt, den Niederschlag filtriert und letzteren (basisches Wismutkarbonat) nach dem Auswaschen und Trocknen geglüht hat.

Verwendung: Wismutweiß wird namentlich als Porzellanlüsterfarbe verwendet, in Öl wohl nur als Künstlerfarbe.

Wirtschaftliches: Der Preis ist erheblich höher als der von Bleiweiß, so daß auch schon aus diesem Grunde von einer allgemeinen Einführung Abstand genommen ist, zumal Wismutweiß auch giftig ist.

Wörlitzer Cohn, Fußbodenfarbe s. 64.

94. Wongshy.

Zusammensetzung: Unter Wongshy versteht man den aus den Früchten von chinesischer Gelbschote erhaltenen Farbstoff, der vielfach mit dem Crocin aus dem Safran für identisch gehalten wird.

Verwendung: Wongshy findet zum Grün- und Gelbfärben von Baumwolle namentlich in China Verwendung.

Würzburgergrün s. 51.
Zaffer s. 84.
Zinkblumen s. 99.
Zinkchromat s. 95.

95. Zinkgelb, Samtgelb, Zitronengelb; engl.: Zinc yellow; franz.: Jaune d'outremer, Jaune bouton d'or, Jaune de Zinc, Zinc chrome.

Chemische Zusammensetzung: Zinkgelb besteht im wesentlichen aus Zinkchromat, Kaliumbichromat und etwas Zinkoxyd von der Formel $3(ZnCrO_4).K_2Cr_2O_7.nZnO$.

Die Darstellung des Zinkgelbs erfolgt in der Weise, daß in Wasser fein verteiltes Zinkweiß durch Hinzugabe einer ganz bestimmten Menge konz. Schwefelsäure teilweise in Zinksulfat übergeführt und dieses dann mit einer konz. Lösung von Kaliumbichromat gefällt wird, wobei die Temperatur 50° C nicht übersteigen soll.

Handelsformen: Zinkgelb kommt entweder in Pulverform oder in Stücken in den Handel, von wechselnder Zusammensetzung.

Verschnittsorten, Verfälschung: Zinkgelb wird hauptsächlich mit Schwerspat, Gips, Ton, seltener mit Kreide verschnitten bzw. verfälscht.

Verhalten: Wenig giftig; wird durch Schwefelwasserstoff nicht geschwärzt. Zinkgelb ist in Säuren leicht löslich mit rötlichgelber Farbe, ebenso ist es in alkalischen Laugen leicht löslich.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Zinkgelb kann mit allen Sulfidschwefel enthaltenden Farben gemischt werden.

Lichtechtheit: Zinkgelb ist ziemlich lichtecht, jedenfalls beständiger als Chromgelb.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Zinkgelb wird beim Erhitzen bzw. Glühen zersetzt.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Zinkgelb bedarf eine mittlere Menge Öl, etwa 35%.

Trockenfähigkeit: Die Trockenfähigkeit des Zinkgelbs in Leinöl ist gut.

Farbton nach Ostwald:
01.15.12—01 ia.

Kalkechtheit: Nicht kalkecht.

Spritlöslichkeit: Zinkgelb ist in Spiritus unlöslich; bei Gegenwart von Säuren wird es beim Erhitzen mit Alkohol grün-

lich durch teilweise Reduktion der Chromsäure zu Chromoxyd.

Deckkraft: Die Deckkraft des Zinkgelbs ist gut.

Sonstige Eigenschaften: Zinkgelb ist auch etwas in Wasser löslich mit gelber Farbe, was durch das Vorhandensein von Kaliumbichromat zu erklären ist.

Prüfung und Untersuchung: Reines Zinkgelb muß in Salz- und Salpetersäure klar löslich sein; die Lösungen dürfen durch Schwefelsäure nicht gefällt werden; auch in Alkalien ist Zinkgelb vollständig löslich, die Lösung muß mit Schwefelalkalien einen weißen Niederschlag von Zinksulfid geben. Zum Nachweis des Chroms verfährt man wie beim Chromgelb.

Die quantitative Untersuchung, die ähnlich wie bei Chromgelb vorgenommen wird, ergibt niemals übereinstimmende Resultate in verschiedenen Fabrikaten; es ist daher die chemische Konstitution des Zinkgelbs auch noch nicht genau festgestellt.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe, Öl- und Lackfarbe gut verwendbar. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Zinkgelb ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Zinkgelb dienen Chromgelb und mit Schwerspat verschnittene andere gelbe Farbstoffe.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Zinkgelb kann sowohl in der Öl- als auch Aquarellmalerei Verwendung finden; von Schwefelwasserstoff wird es nicht geschwärzt und ist auch ziemlich gut lichtbeständig. Durch alkalische Laugen, auch Ammoniak, wird es leicht zersetzt. Seine weiteste Verbreitung findet Zinkgelb wohl zur Herstellung von grünen Mischfarben, namentlich mit Berlinerblau, welche man Zinkgrüne (s. d.) nennt.

96. Zinkgrau, Diamantgrau, Silbergrau, Platingrau.

Chemische Zusammensetzung: Unter Zinkgrau verstand man früher den feinen Metallstaub, der bei der Darstellung des Zinks zuerst sublimierte und gewöhnlich neben metallischem Zink noch etwas Zinkoxyd und Kadmium enthielt. Später nannte man ein durch geringe Mengen Kohle verunreinigtes Zinkweiß Zinkgrau, bis dann schließlich zahlreiche Mischungen aus Zinkweiß oder Lithopone mit etwas Ruß den Namen Zinkgrau erhielten.

Farbton nach Ostwald: Zinkgrau W hat das Grau 72 entsprechend der Stufe b; es ist nicht ganz neutral, sondern ein wenig gelblich.

Verschnittsorten und Verfälschung: s. unter Zinkoxyd, Zinkweiß und Lithopone.

Verwendung: Wie Zinkweiß.

97. Zinkgrün, Grüner Zinnober.

Chemische Zusammensetzung: Zinkgrün ist ein Gemenge von Zinkgelb und Berlinerblau in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen.

Verhalten, Prüfung, Verwendung: Wie Chromgrün, wobei nur zu bemerken ist, daß Zinkgrün von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen wird.

Farbtöne nach Ostwald:

A: 88.12.65—88 hc.
C: 93.13.30—93 ic.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Zinkgrün kann in ähnlicher Weise wie Chromgrün verarbeitet werden; es hat vor diesem den Vorzug, lichtbeständiger zu sein, kann aber sonst ebensowenig in der Kalkfarbentechnik verwendet werden, da das in ihm enthaltene Berlinerblau sehr schnell durch Kalk und Alkalien zerstört wird. Da die Deckkraft des Zinkgrüns sehr gut ist, werden für die Dekorations- und Anstrichmalerei billigere Verschnittsorten mit Schwerspat hergestellt. Zinkgrüne mit etwa 70% Schwerspat sind noch die besten; der Preis betrug 1913 etwa 1,00 M. das Kilogramm.

Zinkolith s. 58.
Zinkoxyd s. 99.
Zinkstaub s. 96.

98. Zinksulfid.

Verschnittsorten, Verfälschung: Zinksulfid wird mit Schwerspat, Lithopone und namentlich Kreide verschnitten.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Starke Säuren greifen es an, indem sie es auflösen; schwache Säuren (Essigsäure, Kohlensäure) sind auf Zinksulfid ohne Einfluß. Alkalien verändern Zinksulfid nicht.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Zinksulfid verträgt sich nicht mit Blei und Kupfer enthaltenden Farben.

Lichtechtheit: Zinksulfid ist für gewöhnlich nicht lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht völlig widerstandsfähig.

Hitzebeständigkeit: Erhitzt man Zinksulfid auf höhere Temperaturen, so nimmt es Sauerstoff aus der Luft auf und verwandelt sich in wasserlösliches Zinksulfat.

Öllöslichkeit: Nicht löslich.

Ölbedarf: Zinksulfid bedarf große Mengen Öl.

Trockenfähigkeit: Zinksulfid trocknet als Ölfarbe nur sehr langsam.

Deckkraft: Die Deckkraft des Zinksulfids

steht der des Zinkweiß kaum nach; in Verbindung mit Zinkweiß soll die Deckkraft fast die des Bleiweiß übertreffen.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit 10%iger Salzsäure entwickelt sich Schwefelwasserstoffgas, das durch seinen Geruch sofort erkennbar ist. Beim Erhitzen mit konz. Salzsäure tritt vollständige Lösung ein. 2. Beim Übergießen mit 10%iger Essigsäure darf Zinksulfid sich nicht verändern, auch keine Gasentwicklung, weder von Kohlendioxyd noch von Schwefelwasserstoff, eintreten. Wenn die unter 1. hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern ein weißer Rückstand hinterbleibt, so ist Verschnitt durch Schwerspat oder Ton vorhanden. Kreidezusatz gibt sich durch Aufbrausen beim Behandeln mit Essigsäure zu erkennen; der weitere Nachweis von Kalk auch ev. aus Gips stammend, erfolgt wie bei Zinkweiß.

Zur quantitativen Analyse verfährt man wie bei Lithopone.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe nicht geeignet; als Öl- und Lackfarbe gut verwendbar; als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe nicht geeignet.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Zinksulfid ist sowohl Künstler- als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Als Ersatz für Zinksulfid wird Lithopone verwendet.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Zinksulfid wird nur in Öl oder Lack verarbeitet, hat aber bisher kaum Bedeutung erlangt; dagegen ist es als wesentlicher Bestandteil des Lithopones von besonderer Wichtigkeit geworden, obwohl man unter Lithopone nicht etwa direkte Mischungen von Zinksulfid mit Schwerspat oder Barytweiß zu verstehen hat.

99. Zinkweiß, Zinkblumen, Schneeweiß. Engl.: Zinc white; franz.: Blanc de zinc (de neige, de tremie), Fleurs de zinc.

Chemische Zusammensetzung: Zinkweiß in reinem Zustand ist Zinkoxyd, ZnO (s. d.).

Zinkweiß wird im großen aus metallischem Zink dargestellt, das man in Tonretorten, Muffeln oder Tiegeln in Dampf verwandelt, der beim Austreten aus den Gefäßen durch einen erhitzten Luftstrom oxydiert wird. Das auf diese Weise gebildete Zinkoxyd wird in Kondensationsräumen aufgefangen.

Man kann Zinkweiß aber auch direkt aus den gerösteten Erzen gewinnen.

Man kann Zinkweiß auch auf nassem Wege darstellen, indem man irgendein lösliches Zinksalz mit einem löslichen kohlensauren Salz fällt, wobei meist kohlensaures Zinkoxyd erhalten wird, welches beim Glühen in Zinkoxyd übergeht. Die auf diesem Wege dargestellten Präparate sollen meist etwas gelbstichig sein.

Handelsform: Zinkweiß kommt sowohl in Pulver-, wie in Teigform, seltener in Öl angerieben in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Als Verschnitt für Zinkweiß bedient man sich häufig der Kreide oder des Gipses, auch werden Kompositionen von Zink- und Bleiweiß mit Verschnitt verwendet, um einen stärker deckenden Anstrich zu erhalten. Alle derartigen Zusätze müssen deutlich als Verschnitt kenntlich gemacht werden, da Zinkweiß nur aus Zinkoxyd bestehen darf. Auch der Gehalt an Feuchtigkeit soll bei reinem Zinkweiß 2% nicht übersteigen.

Verhalten: Nicht giftig; wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen, wenigstens nicht sichtbar, da evtl. entstehendes Zinksulfid ebenfalls weiß ist. Säuren greifen Zinkweiß an, indem sie es auflösen. Alkalien lösen Zinkweiß ebenfalls auf.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Zinkweiß verträgt sich mit allen anderen Farben und ist daher besonders gut zu Mischungen geeignet.

Lichtechtheit: Sehr gut lichtbeständig.

Atmosphärilien: Nicht angegriffen.

Hitzebeständigkeit: Zinkweiß wird beim Erhitzen gelb, in der Kälte aber wieder weiß.

Öllöslichkeit: Zinkweiß ist in Leinöl nicht löslich, bildet aber mit Leinöl allmählich beim Trocknen eine Zinkseife.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Zinkweiß ist erheblich höher als der des Bleiweiß; es erfordert etwa 14—22% Öl.

Trockenfähigkeit: Zinkweiß trocknet in Ölfarbe außerordentlich langsam; es empfiehlt sich daher, um schnelles Trocknen zu erzielen, einen Sikkativzusatz vorzunehmen.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Spritlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Zinkweiß ist geringer als die des Bleiweiß, daher muß man, um gleiche Effekte zu erzielen, einen bis zwei Anstriche von Zinkweiß mehr geben als von Bleiweiß; im allgemeinen decken 2 Gewichtsteile Zinkweiß, mit gut präpariertem Leinöl angerieben eine ebenso große Fläche wie 2,5 Gewichtsteile Bleiweiß.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung von Zinkweiß dienen folgende Merkmale: 1. Beim Übergießen mit 10%iger Salzsäure und schwachem Erwärmen oder Schütteln tritt kein Aufbrausen

(also keine Entwicklung von Kohlendioxyd) ein, dagegen klare Lösung, wenn das Zinkweiß rein ist. 2. Beim Versetzen der salzsauren Lösung mit Ammoniak im Überschuß und Schwefelammoniumlösung entsteht ein rein weißer Niederschlag. Wenn die unter 1. hergestellte Lösung nicht klar ist, sondern ein weißer Niederschlag ungelöst zurückbleibt, so ist meist Verschnitt durch Schwerspat oder fabrikatorische Verunreinigung durch Bleisulfat vorhanden.

Zur quantitativen Untersuchung nimmt man eine Zinktitration mit Kaliumferrozyanidlösung in zum Sieden erhitzter, ammoniakalischer Lösung vor, wie bei Lithopone angegeben.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe gut verwendbar. Auch als Öl- und Lackfarbe kann Zinkweiß Verwendung finden; in Spirituslack ist es nicht zu verarbeiten, da sich das Zinkweiß mit der freien Säure des Harzes aus dem Spirituslack verbindet. Als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Zinkweiß kann sowohl als Künstler- wie auch als Dekorations- und Anstrichfarbe verwendet werden.

Ersatzstoffe: Als Ersatzstoffe für Zinkweiß dienen Kompositionen von Zink- und Bleiweiß, die mit Schwerspat verschnitten werden.

Wirtschaftliches: Die Einfuhr nach Deutschland betrug im Jahre 1913 6032 t im Werte von 2654000 M., die Ausfuhr 28908 t im Werte von 11235000 M.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Zinkweiß wird als Dekorations- und Anstrichfarbe, sowie namentlich als Aquarell- Tempera-, Leim-, Öl-, Wachs- und Lackfarbe verarbeitet, während es für Fresko-, Kalk-, Kasein-, Sgrafittomalerei, sowie in der Stereochromie und Mineralmalerei kaum Verwendung findet.

Als Ölfarbe zeigt das Zinkweiß leicht die Eigenschaft des Reißens. Da Bleiweiß in Innenräumen aber leicht gelb wird, findet Zinkweiß für Innenanstriche und namentlich evtl. für die letzten Anstriche ausgedehnte Verwendung.

Auch bei Zinkweiß unterscheidet man, wie bei Lithopone, verschiedene Marken, die die Bezeichnung Grün-, Rot-, Blau- und Grausiegel führen, aber alle aus 99—100% Zinkoxyd bestehen sollen. Die Unterschiede in der Siegelbezeichnung bestehen nur in der Feinheit und der reinen, weißen Farbe des Zinkoxyds.

100. Zinnober, Vermillon, Chinesischrot, Pariserrot, Patentrot, Schwefelquecksilber. Engl.: Cinnabar, Vermilion; franz.: Vermillon.

Chemische Zusammensetzung: Zinnober in reinem Zustande ist Quecksilbersulfid (s.d.).

Zinnober ist sowohl Natur- als auch Kunstprodukt; der natürliche Zinnober soll nach Versuchen Eibners[1]) lichtbeständiger sein als der künstliche.

Der natürliche Zinnober findet sich in derben roten Massen oder in durchsichtigen roten Kristallen im Tonschiefer bei Idria, zu Almaden in Spanien, sowie in geringer Menge am Landsberge bei Moschel, am Stachelberge bei Wolfstein in der Pfalz, bei Hartenstein in Sachsen, sowie in Böhmen, Krain und Steiermark.

Der bergmännisch gewonnene Zinnober wird, bevor er in den Handel kommt, durch Sublimation gereinigt. In großer Menge wird er jedoch auch künstlich dargestellt, und zwar nach zwei verschiedenen Verfahren.

a) Auf trockenem Wege erhält man den Zinnober, indem man zwei Teile Quecksilber mit einem Teil Schwefel innig mischt, das entstandene schwarze Pulver in eisernen Gefäßen bei nicht zu starkem Feuer zum Schmelzen bringt und darauf in irdenen, lose verstopften Gefäßen im Sandbade erhitzt. Die sublimierte Masse ist koschenillerot und gibt zerrieben ein scharlachrotes Pulver, dessen Farbe um so schöner ist, je reiner die zur Verwendung kommenden Materialien waren und je weniger Schwefel im Überschuß vorhanden war.

b) Auf nassem Wege wird Zinnober dargestellt, indem man weißes Präzipitat (Fällen von Quecksilbersublimatlösung mit Ammoniak) mit einer Lösung von Schwefel in Ammoniumsulfid digeriert. Nach dem Verfahren von Hansamann[2]) kann man auch durch Erwärmen von reinem Präzipitat mit einer Lösung von Natriumthiosulfat auf 80° C zum Ziele gelangen; nach der Brunnerschen Methode[3]) sollen 114 T. Schwefel mit 100 T. Quecksilber gemischt und hierzu eine Auflösung von 75 T. Kali in 400 T. Wasser gegeben werden. Alsdann wird das Ganze gut durcheinander gearbeitet und auf 45° C. erwärmt; schon nach einigen Stunden nimmt die Masse eine rote Farbe an. Man gießt dann behufs Abkühlung in kaltes Wasser, filtriert, wäscht mit kaltem Wasser aus und trocknet.

Handelsform: Zinnober kommt ausschließlich als Pulver in den Handel.

Verschnittsorten, Verfälschung: Zinnober wird

[1]) Malmaterialienkunde, Berlin 1909, S. 148.
[2]) Wagners Jahresbericht XXI, 619.
[3]) Pogg. Ann. **15**, 593

mit Schwerspat oder auch mit Bleimennige verfälscht.

Verhalten: Zinnober in reinem Zustande ist kaum oder nur ganz schwach giftig; sofern tatsächlich Vergiftungen vorkommen, dürften diese wohl stets auf einen Gehalt an freiem Quecksilber zurückzuführen sein. Zinnober wird von Schwefelwasserstoff nicht angegriffen. Säuren greifen Zinnober nicht an, nur Königswasser löst ihn auf. Verd. Laugen verändern Zinnober nicht.

Verträglichkeit mit anderen Farben: Zinnober verträgt sich nicht mit allen Farben; namentlich mit Berlinerblau, Bleiweiß, Chromgelb, Neapelgelb und allen Kupferfarben sollte man ihn nicht mischen, da derartige Mischungen unreine, schmutzige Töne geben.

Lichtechtheit: Zinnober ist nicht lichtbeständig, da Anstriche längere Zeit dem Licht ausgesetzt, nicht nur dunkel, sondern schließlich völlig schwarz werden.

Hitzebeständigkeit: Wird Zinnober stark erhitzt, so verflüchtigt er sich vollständig.

Öllöslichkeit: Unlöslich.

Ölbedarf: Der Ölbedarf des Zinnobers ist sehr gering und beträgt nur etwa 15—20%; er bindet sich aber sehr schlecht mit dem Öl und scheidet, wenn er nicht sehr fein und lange gerieben wird, das Öl sehr leicht wieder aus. Aus diesem Grunde setzt man auch den Ölfarben eine gewisse Menge Wachslösung zu.

Trockenfähigkeit: Zinnober zeigt die unangenehme Eigenschaft mit Leinölfirnis nur sehr schlecht zu trocknen.

Farbtöne nach Ostwald:

00: 22.07.15 — 22 ma.
4: 24.07.27 — 24 mb.

Kalkechtheit: Kalkecht.

Sprtlöslichkeit: Unlöslich.

Deckkraft: Die Deckkraft des Zinnobers als Ölfarbe ist sehr gut.

Prüfung und Untersuchung: Zur raschen Erkennung dienen folgende Merkmale: 1. Zinnober ist scharlach- bis koschenillerot und darf mit verdünnter Salpetersäure geschüttelt nicht schwarz werden (Bleimennige). 2. Zinnober verbrennt auf einem Porzellantiegeldeckel erhitzt mit blauer Flamme unter Entwicklung des bekannten Geruchs von Schwefeldioxyd, ohne Rückstand zu hinterlassen. Zur Prüfung auf freien Schwefel bzw. Schwefelalkali kocht man Zinnober mit Kalilauge aus und filtriert; ist das Filtrat gelb gefärbt und gibt auf Zusatz von Bleizuckerlösung einen schwarzen Niederschlag, so ist die Anwesenheit von freiem Schwefel erwiesen. Da Zinnober häufig mit Teerfarbstoffen geschönt wird, empfiehlt es sich, auch eine Ausschüttelung mit Alkohol vorzunehmen; ungeschönter Zinnober darf an Alkohol keinen Farbstoff abgeben. Zur Prüfung auf freies, metallisches Quecksilber kocht man eine kleine Probe Zinnober mit verdünnter Salpetersäure, filtriert und prüft das Filtrat mit Schwefelwasserstoff auf Quecksilber.

Die quantitative Untersuchung wird in den meisten Fällen den Zinnobergehalt durch Glühverlust ermitteln; freies Quecksilber bestimmt man wie oben. Zur Bestimmung des freien Schwefels übergießt man eine gewogene Menge Zinnober mit Schwefelkohlenstoff, filtriert und wiegt den beim Eindunsten des Schwefelkohlenstoffs hinterbleibenden Rückstand. Ist freies Quecksilber und freier Schwefel vorhanden, so muß deren ermittelte Menge von dem Befund an Glühverlust (Zinnober) in Abzug gebracht werden.

Verwendung: Als Aquarell- und Leimfarbe verwendbar, als Öl-, und Lackfarbe gut verwendbar, als Fresko-, Kalk-, Kaseinfarbe und Wasserglasfarbe verwendbar.

Künstler-, Dekorations-, Anstrichfarbe: Zinnober ist sowohl Künstler-, als auch Dekorations- und Anstrichfarbe.

Ersatzstoffe: Infolge des hohen Preises des Zinnobers haben sich Ersatzpräparate leicht eingeführt, die meist aus mit Eosin gefärbten Mischungen wechselnder Mengen von Bleimennige und Schwerspat bestehen. Auch ist als Ersatz für Zinnober das Kadmiumrot (Kadmiumselenid) versucht worden (Farbton nach Ostwald: 21.13.24 — 21 il), hat sich aber wohl bisher nicht eingeführt.

Kurze Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge, sowie der Mängel und Schäden: Zinnober findet sowohl als Künstler- wie auch als Dekorationsfarbe Verwendung; derselbe kann sowohl als Aquarell-, Leim-, und Temperafarbe wie auch als Öl-, Lack- und Wachsfarbe verarbeitet werden. Er ist aber nicht lichtecht und nur schwierig in Öl zu reiben, da er das Öl leicht wieder abscheidet; das Anreiben mit Öl muß daher sehr sorgfältig und lange vorgenommen, evtl. auch etwas Wachs zugegeben werden. Zinnober braucht verhältnismäßig wenig Öl, zeigt sehr gute Deckkraft, zählt aber zu den schlechteren Trocknern.

Zinnoberersatz s. 13, 25.
Zinnober, gelber s. 5.
Zinnobergrün s. 21.
Zitronengelb s. 20, 95, 40.

Literatur:

Bersch, Fabrikation der Erdfarben, Wien 1918.
Bucherer, Mineral-, Pflanzen- und Teerfarben, Leipzig 1911.
Church-Ostwald, Farben und Malerei, München 1908.

Eibner, Malmaterialienkunde, Berlin 1909.
Farben-Zeitung, Berlin.
Hebing, Die Materialien des Malers, München 1910.
Keim, Mal-Technik, Leipzig 1903.
Lettenmayer, Erkennung und Unterscheidung der Mal- und Anstreichfarben, Stuttgart 1907.
Linke und Adam, Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel usw., Eßlingen a. N. 1913.
Mierzinski, Die Erd-, Mineral- und Lackfarben, Weimar 1881.
Real-Enzyklopädie der Ges. Pharmazie, Wien und Leipzig 1891.
Rose, Die Mineralfarben, Leipzig 1916.
Roscoe-Schorlemmer, Lehrbuch der Chemie, Braunschweig 1879.
Techn. Mitteilungen für Malerei, München.
Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie, Leipzig u. Wien 1905.
Valenta, Die bunten Druckfarben, Halle a.S. 1914.
Wenzel, Handbuch für Maler, Leipzig 1912.
Zerr und Rübencamp, Handb. der Farben-Fabrikation, Berlin 1909.

H. Amsel.

II. Farbstoffe für Tonwaren und Gläser

sind Oxyde oder Silikate, auch Aluminate, Chromite, seltener Phosphate, Stannate, Arsenate, Titanate von färbenden Metallen. Sie sind meist komplizierte und sehr mannigfaltige Verbindungen und besitzen größte Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung, je nach der Warengattung, Masse- und Glasurmischung, Höhe des Brandes, Natur der Ofengase. Vielfach handelt es sich um Spezial- und Geheimverfahren einzelner Werke.

A. Farben für Tonwaren.

1. Farbige Massen[5]): Entweder Färbung der gesamten Masse oder Auftrag andersfarbiger Massen auf den noch ungebrannten Scherben (Engobetechnik, Beguß, Schlickermalerei, „Sgrafitto", Malhorntechnik).

Die betr. Masse wird vermahlen mit:

Eisenoxyd für Rot und bei geringer Menge für Gelb (niedrig und oxydierend gebrannte Ware), häufig in Tonen schon in genügender Menge enthalten;;

Desgleichen für Braun (höhere Temperatur);

Manganoxyd für Braun (für beliebige Temperaturen);

Chromoxyd für Grün (für beliebige Temperaturen);

(Mischungen der Drei für Braun);

Kobaltoxyd für Blau (alle Temperaturen);

Kupferoxyd für Grün (nur für Temperaturen unter SK 05a);

Antimonoxyd für Gelb (nur niedrige Temperatur, Oxydation und Bleiglasur);

Blau + Braun für Schwarz (alle Temperaturen);

Gold, reduzierend eingefällt, für Rosa, (alle Temperaturen, bes. auch Porzellan);

Rutil für Gelb (mit Eisenoxyd), (alle Temperaturen, aber nur Oxydation!);

[Allgemein können diese Farbkörper auch für Unterglasurfarben gebraucht werden.]

2. Farbige Glasuren[5]): Vermahlen oder Verschmelzen mit Oxyden oder anderen Farbkörpern (s. oben). Farbige Glasuren sind entweder stehend oder laufend oder dick sitzend („Scharffeueremaillen"). —

Zum Färben wird benützt:

Kobaltoxyd, Kobaltkarbonat, Kobaltphosphat, Kobaltarsenat (alle Temperaturen), für Blau;

Kupferoxyd (nur Oxydation) für Grün in Bleiglasuren, Türkis[1]) in Alkaliglasuren;

Kupferoxyd (nur Reduktion) für Rot[2]) (niedrige Temperaturen, bis SK9);

Eisenoxyd für Gelb bis Braun in oxydierend gebrannten Glasuren (bleihaltig: „Altgold"), grünlich bis dunkel in Reduktion (alle Temperaturen);

Manganoxyd, Braunstein für Violett in alkalireichen[3]), Braun in kalkreichen Glasuren;

Braun + Blau für Schwarz;

Zinnoxyd für Deckweiß (niedriger Brand);

Antimonoxyd, für Deckweiß, in basischen Bleiglasuren für Gelb (niedriger Brand);

Zirkonoxyd für Deckweiß (niedriger Brand);

Gold, eingefällt, für Rosa (alle Temperaturen)

Pink (s. Unterglasurfarbkörper) für Rot (nur Oxydation, bis K9);

Bleichromat (basische Bleiglasur, niedriger Brand, unter SK07a) für Korallenrot[4]);

Chromoxyd für Grün in Porzellanglasuren, Rot[4]) in Bleiglasuren (unter SK07a). —

Lüster und Reflexe auf farbigen Glasuren („Scharffeuerlüster") durch starke Reduktion der fertigen glühenden, aber nicht mehr flüssigen Glasuren, am besten kupfer-, silber- und wismutoxydhaltige Glasuren[5])!

3. Unterglasurfarben[6]): Eigens hergestellte Oxydgemenge, gut geglüht und feinst gemahlen, meist spinellartig zusammengesetzt, aber mit färbenden Oxyden, z. B. Kobaltaluminiumoxyd $Al_2O_3.CoO$; ferner auch Silikate und Stannate[7]). Zum Teil auch hergestellt unter Aufsaugen des färbenden Teiles in gelöster Form[8]) und darauf folgendes

Trocknen und Glühen. Auch einfache Malerei mit Lösungen von Metallsalzen, die vor dem Glasieren ausgeglüht werden und so im Scherben gleich in Oxyde und Silikate übergehen. —

Die genannten Oxydgemenge müssen dem lösenden Einfluß der darüber gelegten Glasur widerstehen, sind daher meist gut tonerde- oder kieselsäure- oder chromoxydhaltig usw. Außerdem erhalten diese „Farbkörper" noch eine Zumahlung, je nach der Natur der Ware, von Steingutglasur, Steingutscherben, Porzellanglasur, Porzellanscherben u. dgl., um so erst zu gebrauchsfertigen Unterglasurfarben zu werden. Die Zusammensetzungen sind also ungemein wechselnd und meist von jedem Betrieb für seine Bedürfnisse eigens eingestellt.

Typen von Farbkörpern:

Blau:

Al_2O_3.1—3 CoO; Al_2O_3.1—2 $Co_3(PO_4)_2$;
Al_2O_3.1—2 $Co_3(AsO_4)_3$;
Al_2O_3 { 0,5 CoO, 0,5 ZnO.

Türkisblau:

Al_2O_3 { 0,2 CoO, 0,8 ZnO (nur bei Oxydation, Steingut!)

Graublau:

Al_2O_3 { 0,3 NiO, 0,7 CoO.

Grün:

Cr_2O_3; Cr_2O_3.0,5 NiO; Cr_2O_3.Al_2O_3.

Hellgrün („Viktoriagrün"):

CaO.SiO_2.0,5 Cr_2O_3 (nur Steingut!)

Rot: „Pink"

CaO { 0,5 SiO_2, 2,5 SnO_2 mit 2,5% Kaliumbichromat, durch Aufsaugen dazu gebracht. (Nur Oxydation.)

Gelb: „Neapelgelb"

0,65 PbO, 0,35 CaO } 0,15 Al_2O_3 { 0,3 Sb_2O_5, 0,35 SnO_2
(nur unter SK4, sehr scharfe Oxydation).

Rotbraun:

Fe_2O_3, Cr_2O_3 } ZnO (nur Oxydation).

Titangelb:

0,8 ZnO, 0,2 Fe_2O_3 } TiO_2 (nur Oxydation).

Schwarz:

Fe_2O_3, Cr_2O_3 } 0,5 CoO; ferner Iridium u. Uranoxydulverbindungen.

Dunkelbraun:

Rotbraun mit Mangan, ohne Zink.

Rosa:

Gefälltes Gold; ferner: Tonerde — Mangankörper und Tonerde — Chromkörper, nach dem Aufsaugeverfahren[8]). (Alle besonders auch für hohen und reduzierenden Brand, z. B. Porzellan, brauchbar.)

Die Unterglasurfarben werden auch als „Scharffeuerfarben" bezeichnet, weil sie den vollen Glasurbrand mitmachen. Im engeren Sinne versteht man unter Scharffeuerfarben eine Spezialtechnik des Porzellans (s. unter „Aufglasurfarben").

Der Auftrag geschieht, indem die Massen mit Wasser angerieben und nötigenfalls mit etwas Dextrin versetzt, auf die poröse vorverglühte Ware gebracht werden. Sehr verbreitet ist auch der Auftrag durch Druck[9]) bzw. Umdruck von Kupfer- oder Zinkplatten, wobei die Farben mit Druckfirnis versetzt sind.

4. Aufglasurfarben[5]): Meist auf fertige Ware (z. B. Porzellan) nachträglich niedrig aufgeschmolzene Farben („Muffelfarben"; „Schmelzfarben"), die mit soviel weicher Bleiglasur („Fluß") vermengt sind, daß sie bei SK 022—010 blank werden. — Die Aufglasurfarben bestehen daher im allgemeinen: a) aus Oxydkombinationen, für sich gemischt oder gemeinsam ausgefällt und geglüht; b) aus dazu gemahlenen oder angefritteten Bleiflüssen. Die Zusammensetzungen von a) und b) sind unendlich zahlreich. Außer allen möglichen Gemengen von Farboxyden (s. unter 3), werden auch Verbindungen wie Bleichromat (Korallenrot), Bleiantimonat (Gelb), Kadmiumselenid (Feuerrot), Goldpurpur (Tiefrot), Silberoxyd (Gelb), Platinschwamm (Grau), Uranoxydul (Schwarz) verwendet. Oxyde, die an und für sich farblos sind, werden in den Kombinationen zum Tönen verwendet, wie Zinkoxyd, Kalk, Baryt, ebenso werden die Farboxyde selbst durch besonderes Auflockern (z. B. Eisenoxyd durch Kalzinieren von Sulfat) und alle möglichen mechanischen Behandlungen wieder zu besonderen Tönungen gebracht. Durch den sehr niedrigen Brand, der alle Farbtöne festhält, ist dies ermöglicht.

Die Flüsse[10]) bestehen meist aus Blei-Boro-Silikaten, z. B. PbO { SiO_2, B_2O_3 in allen möglichen Verhältnissen, wobei auch Alkalien, wenig Tonerde usw. eingeführt werden können.

Zum Auftragen auf die fertige, glatt glasierte Ware werden die feinst vermahlenen Farben mit Terpentinöl und Dickől angerieben. Auch hier ist Druck vielfach üblich.

Dicksitzende Farben, durch Trübungsmittel wie Zinnoxyd halbtransparent gemacht, werden Muffel-Emaillen genannt.

Eine Besonderheit sind die ebenfalls in der Muffel eingebrannten Metallüster und Reflexe[11]) (Gegensatz zu den unter 2 genannten Scharffeuerlüstern). Sie bestehen aus sorgfältig präparierten Resinaten, also harzsaurem Wismut, Eisen,

Silber usf. Diese sind in ätherischen Ölen dickflüssig gelöst, werden so aufgetragen und sitzen nach dem Einbrennen als schillernde Häutchen auf der Ware.

Den Muffellüstern verwandt sind die Glanzmetalle[12]), z. B. Glanzgold, Glanzplatin (letzteres wird oft fälschlich als Glanzsilber bezeichnet). Sie sind ebenfalls ätherische harzsaure Lösungen, meist mit Hilfe von Sulfiden hergestellt, und hinterlassen beim Einbrennen eine dickere, hochglänzende Schicht.

Gediegener als diese sind die Poliermetalle, z. B. Poliergold, das als „molekular" gefälltes Gold, mit wenig basischem Wismutnitrat als Fluß wie eine Schmelzfarbe aufgetragen wird, nach dem Einbrennen als matter gelber Belag erscheint und dann durch Polieren mit Blutstein glänzend gemacht wird.

Eine besondere Aufglasur-Spezialität ist die „Scharffeuerfarbe"[5])[8]) auf Porzellan, meist Kobaltborosilikat, das, auf die fertige Ware aufgetragen, nochmals den scharfen Porzellanbrand mitmacht, also nicht zu den Schmelzfarben gehört und meist als Ränderblau verwendet wird.

Allgemeines über Farben für Tonwaren: Die Haltbarkeit gegen chemische und mechanische Einflüsse im aufgebrannten Zustand hängt von der Höhe des Brandes und von der Haltbarkeit der betreffenden Glasur ab. Am wenigsten haltbar sind Muffellüster und Glanzmetalle, die oft beim Gebrauch im täglichen Leben abgegriffen werden. Schmelzfarben, falls verhältnismäßig hoch gebrannt und mit geeigneten Flüssen[13]) versetzt, können schon gediegener sein, desgleichen Poliergold.

Am widerstandsfähigsten sind die Scharffeuerfarben, sowie die unter der Glasur sitzenden, also die farbigen Massen (Engoben) und die Unterglasurmalereien, falls die Glasur selbst die nötige Widerstandskraft besitzt.

Angreifbar sind alle keramischen Farben durch Flußsäure und durch schmelzende Alkalien, sowie durch schmelzende Bisulfate.

Für die chemische oder technische Prüfung bestehen keine bestimmten Normen, zumal das Gebiet viel zu abwechslungsreich ist und die Eigenschaften des jeweiligen Farbkörpers erst durch den Brand und durch die Eigenart der Ware, für die er Verwendung findet, bestimmt werden.

Die sog. „Kaltmalerei" mit Lackfarben („Siderolithware", „Kunstterrakotta") gehört zur Keramik überhaupt nicht und ist durchweg, falls auf keramischen Waren aufgebracht, als minderwertiges und gefälschtes Fabrikat zu bezeichnen.

Über den Umfang der Fabrikation sowie über die Preise lassen sich keine bestimmten Angaben machen. Die Herstellung aller keramischen Farbkörper, Farben, auch farbiger Glasuren und Massen, besonders für Steingut, ist im Laufe der letzten 4—5 Jahrzehnte zum großen Teil von Spezialfabriken übernommen worden, wobei England zum Teil vorausging, aber seit 20—30 Jahren völlig eingeholt und überholt ist. Deutsche Fabriken sind z. B.: Deutsche Gold- u. Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.; E. de Haën, Chem. Fabrik „List" in Seelze; Dr. Julius Bidtel, Keram.-chem. Fabrik in Meißen; Edlich & Weiße, G. m. b. H., Chem. Fabrik keramischer Farben in Meißen. Der zeitliche Vorantritt Englands erklärt sich daraus, daß dieses Land vor allem sich auf Steingut geworfen hatte und diese keramische Warengattung infolge ihres niedrigen und oxydierenden Glasurbrandes besonders viele Farbtöne in und unter der Glasur ermöglicht. Eine noch reichere Palette besitzt dementsprechend der Aufglasurbrand, so daß hierin jede Ware, auch das an sich hoch und reduzierend gebrannte Porzellan, einen reichen Dekor tragen kann. (Auf dem Gebiete der Porzellanschmelzfarben sind indessen nicht nur Spezialfabriken, sondern z. T. auch die alten Manufakturen heute noch führend.) Porzellanscharffeuer- und Unterglasurfarben müssen sich dagegen auf wenige Töne beschränken, so daß gerade hierin häufig jede einzelne Fabrik besondere Wirkungen ausgearbeitet hat.

B. Farben für Gläser.

1. Färbung des ganzen Glasflusses.

Das farbige Glas wird auch als „Überfang" verwendet, wobei Ornamente herausgeschliffen werden können, die dann das darunter sitzende Grundglas wieder hervortreten lassen.

Die färbenden Oxyde[14]), die unter den Glasversatz gemahlen werden, sind im allgemeinen:

Kobaltoxyd für Blau;

Kupferoxyd für Tiefgrün, in Bleigläsern (Kristall), für Blaugrün und Türkisblau in Alkaligläsern;

Kupferoxydul für Tiefrot („Kupferrubin");

Zinnoxyd für Deckweiß;

Eisenoxyd für gelbe Töne im oxydierten, für grünliche Töne im reduzierten Zustand (als Verunreinigung aller Rohmaterialien färbt Eisen jedes Glas zunächst grünlich);

Chromoxyd und Kaliumbichromat für Gelb-Grün;

Manganoxyd, Braunstein für Braun bis Violett, wegen des rötlichen Tones auch als Entfärbungsmittel für farbloses Glas benützt.;

Nickeloxyd für Braun bis Rötlich-Braun (Entfärbungsmittel!);

Silberoxyd für Gelb;

Uranoxyd (Natriumuranat) für Grünstichig-Gelb;

Uranoxydul für Schwarz;

Selen und Selenide, sowie Selenite für Rötlich (Entfärbungsmittel!);

Gold für Rötlich bis Tiefrot („Goldrubin").

2. Die Farben für Glasmalerei sind ähnlich zusammengesetzt wie keramische Schmelzfarben (s. oben), nur mit äußerst leicht schmelzbaren Flüssen (dunkelste Rotglut, höchstens SK 022), um auf fertigen Gläsern in der Muffel aufgeschmolzen zu werden. Das Gleiche gilt für Glanzmetalle.

Allgemeines Verhalten: Angreifbar durch Flußsäure und schmelzende Alkalien. Die auf den Gläsern aufgebrannten Malereien, Metalle und Schriften sind schon durch sehr verdünnte Flußsäure ablösbar, die das Glas selbst noch kaum merklich angreift; häufig sogar schon durch konzentrierte Salzsäure.

Kolloidal gelöstes Gold oder Kupferoxydul in Rubingläsern lassen sich, ebenso wie dies für die farbigen Gläser überhaupt gilt, auch in gepulvertem Zustande erst nach dem Aufschluß mit Flußsäure durch die entsprechenden Säuren auflösen.

Genauere Angaben über Umfang der Fabrikation und über Preise lassen sich bei der Vielgestaltigkeit des Stoffes nicht machen. Als Hauptursprungsland der Farben für Glasmalerei wird u. a. seit alter Zeit Böhmen genannt. Die Herstellung der Schmelzfarben für Glasmalerei ist heute von Spezialfabriken übernommen.

Im übrigen gilt für farbige Gläser das oben für Glasuren, für Glasmalereifarben das oben für Muffelfarben Gesagte.

Literatur:

1. Singer, Sprechsaal **1911**, 325.
2. Seger, Tonind.-Zeit. **1890**, 671 (Gesam. Schriften S. 587). Kerl, Handb. d. Tonw.-Ind. Braunschweig, **1907**, 1542. Berdel, Anleitung zu keram. Vers. Coburg, **1917**, 97. Franchet, Sprechsaal **1911**, 49.
3. Heinecke u. Eisenlohr, Sprechsaal **1912**, 759 u. Keram. Rdsch. **1912**, 548. Pukall, Sprechsaal **1912**, 729. S. auch „Schmalten" bei Berdel, Anleit. zu keram. Vers. Coburg. **1917**, 96.
4. S. auch Berge, Sprechsaal **1911**, 581. Heubach, Sprechsaal **1913**, 597.
5. Kerl, Handb. d. Tonw.-Ind. Braunschweig, **1907**; Berdel, Anleit. zu keram. Vers. Coburg, **1917**.
6. Seger, Tonind.-Ztg. **1888**, 467 (Gesam. Schriften S. 512). Tenax, Steing.- u. Porzell.-Fabr. Leipzig, **1879**.
8. Pukall, Sprechsaal **1912**, 211.
7. S. Berdel, Anleit. zu keram. Vers. Coburg, **1917**, 68.
9. Kerl, Handb. d. Tonw.-Ind. Braunschweig, **1907**, 1215. Tenax (s. unter 6) S. 111.
10. S. auch Tenax (unter 6), S. 205.
11. Kerl, Handb. d. Tonw.-Ind. Braunschweig, **1907**, 1468.
12. Ebenda 1464.
13. Berdel, Sprechsaal **1905**, 299.
14. Hermann, Glas- u. Emailmalerei. Leipzig, **1897**. Gerner, Glas-Fabrikation. Leipzig, **1897**.

E. Berdel.

III. Teerfarbstoffe.

Das Wesen eines Farbstoffs. Die Aufhellung der Konstitution der Anilinfarbstoffe und ihrer Komponenten durch die Arbeiten von A. W. Hofmann, Baeyer, E. und O. Fischer, Rosenstiel u. a. und der planmäßige Aufbau neuer Farbstoffe an Hand der Kekuléschen Benzoltheorie legte die Frage nahe, von welchen besonderen Atomgruppen in einer chemischen Verbindung, deren Charakter als Farbstoff bedingt wird, d. h. die Eigenschaft, unmittelbar oder unter Zuhilfenahme von Metallverbindungen (sog. Beizen) die Textilfasern mit einer Farbe zu versehen. Otto N. Witt[1]) stellte im Jahre 1876 „gewisse gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Konstitution und dem Färbevermögen organischer Substanzen" fest. Er wies nach, daß die an sich farblosen aromatischen Kohlenwasserstoffe, auf welche die organischen Farbstoffe sich zurückführen lassen, Farbstoffcharakter erhalten, wenn mindestens zwei Wasserstoffatome des Kohlenwasserstoffs durch zwei verschiedene Seitenketten ersetzt werden. Die eine dieser Seitenketten ist das zur Farbstoffbildung befähigende Prinzip, sie wird als chromophore Gruppe, als Träger der Farbstoffnatur bezeichnet. Beispielsweise ist die chromophore Gruppe in Nitrofarbstoffen die einwertige, ein- oder mehrere Male eintretende Nitrogruppe: $-NO_2$, in Ketonfarbstoffen die zweiwertige Ketogruppe: $>CO$, in Azinen die vierwertige, zwei zweiwertige aromatische Radikale verbindende Gruppe $>N—N<$.

Durch den Eintritt der chromophoren Gruppe kann der Kohlenwasserstoff in einen mehr oder minder stark gefärbten Körper umgewandelt werden, der aber noch kein Farbstoff ist, wohl aber sehr leicht in einen solchen übergeführt werden

kann, deshalb von Witt Chromogen genannt wird. Die Umwandlung des Chromogens in Farbstoff erfolgt durch den Eintritt einer zweiten Gruppe, die ebenfalls an sich nicht fähig ist, einen Kohlenwasserstoff zum Farbstoff umzugestalten. Diese Gruppe, die, ohne selbst farbgebend zu sein, dem Chromogen zur Entwicklung seiner Farbstoffnatur verhilft, wird als auxochrome Gruppe bezeichnet. Alle auxochromen Gruppen nehmen dem Kohlenwasserstoff, in den sie eintreten, seine Neutralität, verleihen ihm je nach ihrem Charakter die Natur einer Säure oder Base. Auxochrome Gruppen, nach der Stärke ihrer Wirkung geordnet, sind u. a.:

—NH_2 (Aminogruppe mit ihren Abkömmlingen $NHCH_3$, $N(CH_3)_2$ usw.),
—OH (Hydroxyl),
—NH_3OH (Ammonium),
—SO_3H (Sulfoxyl),
—COOH (Karboxyl).

Witt hat mit Recht für seine heute wohl allgemein anerkannte Theorie das Verdienst in Anspruch genommen, daß sie für den Aufbau von Farbstoffen eine Grundlage geschaffen hat, auf der sich die Natur und der Farbton vieler noch gar nicht dargestellter Farbstoffe berechnen läßt und die wissenschaftliche Klassifizierung der Farbstoffe durchführbar ist. R. Nietzki hat dieses Einteilungsprinzip zum ersten Male in seinem Leitfaden „Organische Farbstoffe" 1886 durchgeführt. Seinem Beispiel sind alle Verfasser von Handbüchern über organische Farbstoffe gefolgt. Als großer Vorzug dieser Einteilung ist auch hervorzuheben, daß die nach ihrer chemischen Natur zusammengehörigen Farbstoffe nebeneinander behandelt werden. Für die Beschreibung der Anwendung der Teerfarbstoffe in Färberei und Zeugdruck muß allerdings aus Zweckmäßigkeitsgründen die Einteilung aus dem rein praktischen Gesichtspunkte der gleichartigen Anwendungsweise gewählt werden.

Für die verschiedenen Gruppen von Teerfarbstoffen sind dieselben Bezeichnungen benutzt, wie in der 5. Auflage der Farbstofftabellen von Gustav Schultz, Berlin 1914. Alle Teerfarbstoffe sind dort in die folgenden 18 Gruppen eingeordnet:

1. Nitrosofarbstoffe.
2. Nitrofarbstoffe.
3. Stilbenfarbstoffe.
4. Pyrazolonfarbstoffe.
5. Azofarbstoffe.
6. Auramine.
7. Triphenylmethan- und Diphenylnaphthylmethanfarbstoffe.
8. Xanthonfarbstoffe.
9. Acridinfarbstoffe.
10. Chinolinfarbstoffe.
11. Thiobenzenylfarbstoffe.
12. Indophenyle.
13. Oxazin- und Thiazinfarbstoffe.
14. Azine.
15. Schwefelfarbstoffe.
16. Anthrachinon- und verwandte Farbstoffe.
17. Gruppe des Indigos.
18. Anilinschwarzgruppe.

Die verschiedenen Färbeverfahren für Teerfarbstoffe. a) Basische Farbstoffe. Die tierischen Fasern unmittelbar in neutralem heißen Bade, die Pflanzenfasern unter Vermittlung von Tanninbeize färben sich — abgesehen von einigen Ausnahmen — mit den Farbstoffen der Gruppen 6, 9, vielen der Gruppen 7, 8, 10, 13 und 14. Soweit bei den Gruppen 7, 8, 10 und 14 sulfierte (Sulfogruppen enthaltende) Farbstoffe in Betracht kommen, gehören diese zu den Säurefarbstoffen (d). Wenn ein Farbstoff einen Salizylsäurerest enthält wie Alizaringelb (Gruppe 5), Azogrün, Chromviolett (Gruppe 7), wird er unter Vermittlung einer Beize gefärbt (e).

b) Direkt färbende Farbstoffe (auch Salzfarbstoffe und substantive Farbstoffe genannt) färben die Pflanzenfaser ohne Vermittlung einer Beize in heißem Bade unter Zusatz von Koch- oder Glaubersalz, ebenso die tierische Faser (Gruppe 3, 5, nahezu alle Dis- und Trisazofarbstoffe).

c) Schwefelfarbstoffe färben die ungebeizte Pflanzenfaser mit — zum Teil auch ohne — Anwendung von Schwefelnatrium zum Lösen des Farbstoffs in heißem Bade. Ungeeignet für tierische Faser (Gruppe 15).

d) Säurefarbstoffe, d. h. nur zum Färben tierischer Fasern in saurem Bade geeignete Farbstoffe sind außer den bereits unter *a*) erwähnten die Farbstoffe der Gruppen 2, 4 und sehr viele der Gruppe 5.

e) Beizenfarbstoffe, solche, die unter Vermittlung einer Metallsalzbeize (Chrom-, Aluminium-, Zinn-, Eisensalze) fixiert werden, sind, abgesehen von den unter a) erwähnten, die Farbstoffe der Gruppe 1, sehr viele der Gruppe 5 und 16, Coerulein (Gruppe 8), Gallozyanin, Gallaminblau u. ä. (Gruppe 13).

f) Küpenfarbstoffe, die mittels Hydrosulfits oder eines anderen Reduktionsmittels und eines Alkalis in Lösung gebracht und der Faser einverleibt werden, worauf die Farbe durch Oxydation auf der Faser entwickelt wird, Gruppe 16 und 17.

g) Entwicklungsfarben, die aus den Komponenten auf der Faser erzeugt wer-

den, Gruppe 18 und Gruppe 5 (Paranitranilinrot u. ä., sog. Eisfarben).

Technische Anforderungen: Diese Zusammenstellung läßt ohne weiteres die nahen Beziehungen zwischen chemischer Natur und Anwendungsart der verschiedenen Teerfarbstoffe erkennen. Je genauer ein Färber sich mit den chemischen Eigenschaften eines jeden Farbstoffindividuums vertraut macht, um so sicherer kann er beurteilen, ob und wie er für seine Sonderzwecke verwendbar ist, welchen Anforderungen an Echtheit die Färbung voraussichtlich gewachsen sein wird. Ohne weiteres weiß er, daß ganze Farbstoffgruppen für bestimmte Zwecke unbrauchbar, andere sicher, wieder andere vielleicht brauchbar sein werden. An alle Teerfarbstoffe werden der Regel nach folgende Anforderungen gestellt: Einheitlichkeit, Reinheit, Giftfreiheit, Unschädlichkeit, Löslichkeit in Wasser — soweit nicht Küpen-, oder Beizenfarbstoffe in Betracht kommen —, leichte Abgabe des Farbstoffs aus seiner Lösung an die zu färbenden Gegenstände, Echtheit der damit zu erzielenden Färbungen — wenigstens in dem Maße, als sie auf dem betreffenden Gebiete beansprucht werden muß. Selbstverständlich muß auch der Preis des Farbstoffs in angemessenem Verhältnis zu seiner Ergiebigkeit und sonstigen Eigenschaften stehen.

Einheitlichkeit und Reinheit. Schon die ersten Erfinder der Teerfarbstoffe, Perkin und A. W. Hofmann, haben den größten Wert darauf gelegt, die neuen Farbstoffe völlig rein, frei von allen Nebenprodukten herzustellen, weil nur in diesem Falle der Färber oder Zeugdrucker imstande ist, gleichmäßige Ergebnisse zu erzielen und vor unliebsamen Nebenwirkungen gesichert ist. Jede namhafte Teerfarbenfabrik prüft ihre Farbstoffe vor dem Versand genauestens auf Farbstoffgehalt und Farbton und stellt im Bedarfsfalle durch geeignete Mischung mehrerer Betriebspartien auf einen Typ ein.

Giftfreiheit und Unschädlichkeit. Lange Zeit hat es gedauert, bis das Mißtrauen gegen die geargwöhnte Schädlichkeit der Teerfarbstoffe überwunden war. Das nach dem Arsensäureverfahren hergestellte Fuchsin, einige Nitrofarbstoffe, sie waren tatsächlich nicht giftfrei, so daß bei dem Tragen der damit gefärbten Bekleidungsstoffe unter Umständen eine schädliche Wirkung sich geltend machen konnte. Beispielsweise wurden Hautausschläge festgestellt bei Leuten, die mit arsenhaltigem Fuchsin oder mit Aurantia (Hexanitrodiphenylamin) gefärbte Strümpfe getragen hatten. Aurantia verschwand deshalb bald vom Markte und völlig giftfreies Fuchsin wird nach dem Nitrobenzolverfahren gewonnen. Heute noch ab und zu auftauchende, manchmal auch von Ärzten ohne Sachkenntnis aufgestellte Alarmberichte von Blutvergiftungen durch Tragen „anilinfarbiger" Unterkleider haben sich bei sachverständiger gründlicher Prüfung stets als ungerechtfertigt erwiesen. Die Krankheitserscheinungen ließen sich ungezwungen auf Unreinlichkeit, unreine Säfte u. dgl. der Träger der Kleidungsstücke zurückführen.

Löslichkeit: Ausreichende Löslichkeit in Wasser (abgesehen von Küpen-, und Beizenfarbstoffen) ist heute eine der ersten Anforderungen, denen ein Teerfarbstoff entsprechen muß. Die nur in Sprit oder Benzin löslichen Teerfarbstoffe werden heute nur noch in geringen Mengen dargestellt. S. unten bei Fettfarben.

Um die Abgabe eines sehr leichtlöslichen Farbstoffs an die Textilfaser zu erleichtern, pflegt man dem Färbebade Salze wie Kochsalz und Glaubersalz beizufügen. Diese beschlagnahmen das den Farbstoff in Lösung haltende Wasser z. T. für sich und treiben den Farbstoff an die Textilfaser. Dieses „Aussalzen" der Farbstoffe ist bei der Farbstoffdarstellung selbst allgemein gebräuchlich.

Handelsformen: Die überwiegende Menge der Teerfarbstoffe kommt in fester Form als feingemahlene Pulver, einige, wie Diamantfuchsin, Kristallviolett, in wohlausgebildeten Kristallen in den Handel. Daneben werden aber auch zahlreiche Farbstoffe, und zwar gerade viele der alleredelsten, in Teigform geliefert. Diese Farbstoffe sind in Wasser sehr schwer oder nicht löslich; in getrockneter Form wären sie zum Färben oder Drucken unbrauchbar. Die Teigware kommt meistens mit einem Trockengehalt von 20%, für die Ausfuhr wegen der hohen Transportkosten als 40- oder 60%iger Teig in den Handel.

Teigfarben werden vor dem Färben mit Wasser angerührt und mit einem kurzborstigen Pinsel durch ein feines Sieb getrieben. Pulverfarben werden mit heißem kalkfreiem Wasser gelöst und durch ein feines Sieb dem Färbebad zugefügt. Kalkhaltiges Wasser wird durch Zusatz von 1—2 L Essigsäure 8° Bé zu je 1000 L Wasser zum Lösen der Farbstoffe geeignet gemacht. Am besten ist Kondenswasser.

In weit höherem Maße als die „Giftigkeit" hat die Unechtheit vieler der ersten Teerfarbstoffe ihrem Ruf geschadet. Die Fabrikanten hatten oft im Eifer, ihre neuen Produkte zu verkaufen, diese für Anwendungsgebiete empfohlen, für die sie völlig ungeeignet waren. Für die Echtfärberei der Wolle, die neben Licht-

auch vollkommene Walkechtheit der Farbstoffe verlangt, sind alle Triphenylmethan- und die meisten Azofarbstoffe unbrauchbar. Es ist beispielsweise erst den im Jahre 1884 einsetzenden planmäßigen Bemühungen der Badischen Anilin- und Sodafabrik gelungen, das an sich berechtigte Mißtrauen der Echtwollfärber zu überwinden und die sehr echten „Alizarinfarbstoffe" in der Echtfärberei der Wolle Schritt für Schritt einzubürgern. Durch unermüdliche Versuche im kleinen und deren Übertragung in die Färbereien gelang es, die Färber schließlich davon zu überzeugen, daß die Alizarinfarbstoffe ebenso walkechte und zum großen Teil viel lichtbeständigere Färbungen als die bis dahin benutzten Pflanzenfarbstoffe Rotholz, Blauholz und Gelbholz liefern. Die Vorzüge der Teerfarbstoffe: ihre Reinheit und Gleichmäßigkeit in Farbstärke und Farbton gegenüber den Pflanzenfarbstoffen erleichterten dem Färber die Arbeit außerordentlich. Der nach der Entstehung der Teerfarbenindustrie bald einsetzende stürmische Wettbewerb und die immer enger werdenden Beziehungen zwischen den Fabrikanten und den Verbrauchern der Farbstoffe ermöglichten einen beispiellosen Aufschwung und damit eine gewaltige Vorherrschaft der deutschen Teerfarbenindustrie. Das Bestreben, den Anforderungen der Färber und Koloristen durch neue verbesserte Farbstoffe gerecht zu werden, ließ deren Zahl so anschwellen, daß selbst den Farbstoffchemikern eine genauere Kenntnis aller Teerfarbstoffe nicht mehr möglich ist.

Zur Kennzeichnung der Farbstoffe wurden nach dem Vorgange Perkins, der seinen violetten Farbstoff nach der Farbe der Malve (franz.: Mauve) „Mauvein" genannt hatte, von den Fabrikanten Renard Frères das nach Verguins Verfahren hergestellte „Fuchsin" nach der Fuchsiablüte getauft; übrigens heißt renard auch Fuchs. Der Farbstoff hatte also wohl zwei Taufpaten. Bald kombinierte man Namen wie Jodgrün, Jodviolett, Methylviolett, die zugleich einen Hinweis auf die Zusammensetzung und die Färbeeigenschaften gaben. Zur Aufklärung der Verbraucher fügte man den Farbstoffhandelsnamen bald Abkürzungen bei, welche ohne weiteres den Fachmann über gewisse Eigenschaften der Produkte belehrten. So bezeichnet B: bläulich, R: rötlich, G: gelblich. Ein Methylviolett BBB oder 3B färbt bläulicher als ein Methylviolett BB, dieses bläulicher als ein Methylviolett B derselben Fabrik. Dianilgelb 3G ist erheblich gelbstichiger als Dianilgelb G, Dianilgelb R rotstichiger als Dianilgelb G. — W bedeutet Wolle, d. h. einen vornehmlich für die Wollfärberei, HW für die Halbwollfärberei geeigneten Farbstoff. — S bedeutet einen im sauren Bade zu färbenden Säurefarbstoff.

Bald machte sich das Bedürfnis geltend, die zahllosen Farbstoffe des Handels zu sichten, die unter abweichenden Namen von verschiedenen Fabrikanten gelieferten gleichen Farbstoffe systematisch auf wissenschaftlicher Grundlage zusammenzustellen und nach Möglichkeit alles Wissenswerte über ihre Darstellung und Eigenschaften anzugeben. Diesem Bedürfnis entsprach die zuerst im Jahre 1888 von G. Schultz und P. Julius herausgegebene tabellarische Übersicht der künstlichen organischen Farbstoffe. Diese berichtet über nur 278 Farbstoffe; die fünfte, von G. Schultz allein im Jahre 1914 herausgegebene Auflage berichtet über 923 einzelne Teerfarbstoffe. Dabei sind viele nicht mehr im Handel befindliche Farbstoffe nur noch im Sachregister erwähnt. Die durch den Krieg geschaffene neue Lage der deutschen Farbstoffindustrie dürfte dahin führen, daß fernerhin eine angemessene Beschränkung in der Ausgabe neuer, nicht einem wirklichen Bedürfnis abhelfender Farbstoffe eintritt und daß Marken desselben Farbstoffs, die sich lediglich durch verschieden große Zusätze indifferenter Abschwächungsmittel voneinander unterscheiden, vom Markt verschwinden. Als Verfälschungen dürfen diese Abschwächungsmittel nicht gelten, solange ihre Menge zu dem Verkaufspreis in angemessenem Verhältnis steht. Beispielsweise wurde Auramin s. Z. in drei Marken, 0, I und II zu dem Preise von 24, 16 und 8 M. geliefert; 0 war der reine Farbstoff, I enthielt ⅓, II ⅔ Dextrin, mit anderen Worten die reine Marke 0 ist dreimal so farbstark wie II. — Als unlautere Handelsauswüchse muß man es aber bezeichnen, daß selbst namhafte Teerfarbenfabriken mit konz. Lösungen von Fuchsin oder anderen Anilinfarbstoffen Mineralsalze wie Glaubersalz anfärbten und so nicht sachverständigen Käufern Diamantfuchsin oder andere kristallisierte Farbstoffe vortäuschten.

Während in früheren Jahren für jeden neuen Farbstoff, der in den Handel gebracht wurde, auch meist ein ganz neuer Name erfunden wurde, machte sich allmählich, als die Anzahl immer größer wurde, das Bedürfnis geltend, Farbstoffe gleicher Anwendungsgebiete durch das Vorsetzen einiger kennzeichnender Silben zu gruppieren. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind wohl die „Benzo"farben (By) und die „Diamin"farben (C). Die warenkundliche Unterscheidung der Farbstoffe wird dadurch wesentlich erleichtert. Die nach-

Firmen (Abkürzungen s. S. 418):

Farbstoffklasse:	A	B	By	C	Gr.E	K	L	M	t.M	WDC
Direkt ziehende Baumwollfarbstoffe:	Columbia- Congo- Solamin-	Baumwoll- Pyramin-	Benzo- Chlor- amin-	Diamin- Oxydi- amin-	Triazol- Triton-	Naph- thamin-	Eboli- Hessisch-	Dianil-	Phenol-	Benzamin-
Entwicklungsfarbstoffe für Baumwolle:	Paranil- Sambesi-	Autol- Azogen- Oxamin-	Benzo- form- Diazo- Paragen- Pluto-	Diamin- ogen- Nitrazol-		Azogen- Cupra- min-		Azophor- Diazonil- Paraphor-	Phenol- amin-	
Schwefelfarbstoffe:	Schwefel-	Kryogen-	Katigen-	Immedial-	Thioxin-	Thion-	Pyrol-	Thiogen-	Auronal-	
Küpenfarbstoffe:		Indan- thren- Küpen-	Algol- Leukol-	Hydron-		Thioin- digo-		Helindon-		
Saure Wollfarbstoffe:	Guinea- Walk-	Palatin-	Azosäure- Echtlicht- Sulfon- Victoria-	Alphanol- Cyanol- Formyl- Lana-		Biebri- cher- Tolan-	Domingo-	Patent-		Sulfamin-
Chromierungsfarbstoffe für Wolle:	Chrom- echt- Meta- chrom-	Beizen- Chrom- echt- Palatin- chrom-	Chrom- oxan- Diamant- Mono- chrom-	Anthra- cen-	Oxy- chrom-	Salicin-	Anthra- chrom-	Auto- chrom- Chromo- trop-		Anthra- cyl- chrom-
Lackfarbstoffe:	Perma- nent- Sudan-	Litho- Radial- Sirius- Tuscalin-	Helio-					Hansa- Pigment-		
Basische Farbstoffe:			Rhodulin-	Tannin-			Capri- Cresyl-			
Fett- und spritlösliche Farbstoffe:	Sudan-			Cerasin-		Sprit-		Moti-		Pyronal-

stehende Tabelle gibt eine Übersicht solcher Gruppennamen für 10 deutsche Teerfarbenfabriken[40]).

Echtheit: Unter den Anforderungen, die der Verbraucher eines Farbstoffs an ihn stellt, steht die an dessen Echtheit obenan. Wenn man kurzweg von der Echtheit eines Farbstoffs spricht, so ist dies streng genommen unrichtig, denn man meint damit die Echtheit der mit ihm erhältlichen Färbungen. Derselbe „echte" Farbstoff kann aber, was sehr zu beachten ist, je nach seiner Anwendung sehr echte und erheblich weniger echte Färbungen liefern. Dies gilt besonders von den Farbstoffen, die erst mittels einer Beize gefärbte Metallverbindungen, Farblacke bilden. Der rote Alizarintonerdefarblack (Türkischrot) und der Alizarinchromfarblack sind beispielsweise außerordentlich echt, der Alizarineisenfarblack ist weit weniger echt. Echt ist demnach ein Farbstoff, der bei sachverständiger, auf genauer Kenntnis seiner Eigenschaften beruhender Anwendung Textil- oder anderen Stoffen eine Färbung verleiht, die bei ordnungsmäßigem Gebrauch des betreffenden Stoffes solange wie dieser aushält oder doch nicht erheblich verändert wird. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß ein Farbstoff, der zum Färben von Schiffsflaggen, kostbaren Teppichen oder Sonnenvorhängen dienen soll, viel echter sein muß als ein Farbstoff, mit dem kurzlebige Futterstoffe oder Modewaren gefärbt werden sollen. Die Färbung von loser Wolle für Tuche hat schon bis zur Weberei verschiedenen energischen Einwirkungen standzuhalten, beispielsweise bei der Walke der kräftigen mechanischen Behandlung mit alkalischem Walkmitteln, bei der Karbonisation der Einwirkung von Säuren bei höherer Temperatur. Farbstoffe, die diesen Angriffen standhalten, sind walk- bzw. karbonisierecht. Für den Gebrauch fertiger Textilstoffe kommt vor allem die Lichtechtheit in Betracht. Ein Stoff, der wie Futterstoffe oder Unterkleider mit dem Schweiß in Berührung kommt, muß schweißecht sein. Es würde zu weit führen, alle einzelnen Anforderungen aufzuzählen, die auf dem weiten Gebiete des Verbrauchs von Farbstoffen an deren Echtheit in den einzelnen Fällen erhoben werden müssen. Die Farbenfabriken prüfen ihre neuen Produkte in eingehender Weise auf ihre Echtheit, weil von dem Ergebnis dieser Prüfung die Einführung eines neuen Farbstoffs in die geeigneten Verwendungsgebiete unmittelbar abhängt. Die Teerfarbenindustrie ist heute in der Lage, Farbstoffe, die weitestgehenden Anforderungen genügen, in allen Farbtönen zur Verfügung zu stellen. Neben den echtesten Edelfarbstoffen Indigo, Alizarin-, Indanthren-, Helindon-, Algol- und Cibafarbstoffen werden lichtunechte aber brillante Farbstoffe wie Viktoriablau, Anilinsäurefarbstoffe geliefert. Aufgabe und Pflicht des Färbers und Koloristen ist es, alle zu prüfen und die für seine Zwecke geeigneten Farbstoffe auszuwählen. Erfreulicherweise wird die Allgemeinheit von berufener Seite immer mehr darüber aufgeklärt, daß ihr echte Farben geliefert werden können und daß sie schlechte Farben zurückweisen soll.

Die Prüfung auf Echtheit im kleinen hat sich möglichst an die Verhältnisse des Großbetriebs anzulehnen. Da in dieser wichtigen Frage die Vereinbarung von Normen für die Beteiligten, die Farbstofflieferanten und -verbraucher sich als notwendig erwiesen hat, wurde seitens der Fachgruppe für Farben- und Textilchemie des Vereins Deutscher Chemiker von einer aus vielen Sachverständigen der Farbstoff- und Färberei-Industrie bestehenden „Echtheitskommission" solche Normen ausgearbeitet. Der zweite öffentliche Bericht dieser Kommission, betr. Färbungen auf Baumwolle und Wolle, wurde 1916 veröffentlicht[2]). Die Tätigkeit der Kommission zielt dahin, die Echtheitsbegriffe und Prüfungen zu vereinheitlichen und klarzustellen. Die Angaben beziehen sich auf die Echtheit der in bekannter Weise erzielten Färbungen, nicht der Farbstoffe, weil mit diesen je nach ihrer Anwendungsweise verschieden echte Färbungen erhalten werden. Die Auswahl der „Typen" erfolgte in der Weise, daß zu den Färbungen jeweils 4 bis 5 Farbstoffe von verschiedenen Farbenfabriken benutzt wurden, die unter sich gleichartig und durch Hinweis auf die Nummer in der 5. Auflage der Schultzschen Farbstofftabellen näher gekennzeichnet sind. Die Normen und Typen setzen in ihrer Reihenfolge möglichst weit auseinanderliegende Echtheitsgrade fest. Die bisher vorgeschlagenen Prüfungsmethoden, Normen und Typen betreffen die Echtheit von Woll- und Baumwollfärbungen, die Arbeiten für die Seidefärbungen sind noch nicht abgeschlossen. Die Verfahren, nach denen die einzelnen zur Prüfung dienenden Typfärbungen hergestellt wurden, sind genau angegeben, damit jedermann imstande ist, sie sich selbst anzufertigen.

Berichtet wird über Lichtechtheit, Waschechtheit, Wasserechtheit, Reibechtheit, Bügelechtheit, Schwefelechtheit, Schweißechtheit, Alkaliechtheit (Straßenschmutz- und Staubechtheit), Säurekochechtheit, Säureechtheit, Bäuchechtheit, Chlorechtheit, Mercerisierechtheit, Walk-

echtheit, Karbonisierechtheit, Pottingechtheit, Dekatierechtheit und Seewasserechtheit. Es ist nicht zu bezweifeln, daß diese Normen — vielleicht mit einigen Änderungen — bald die Anerkennung aller beteiligten Fachleute finden werden.

Anwendung der Farbstoffe: Die Kunst, schöne und haltbare Farben auf Gespinsten und Geweben zu befestigen, war von jeher hoch geschätzt und die Vorschriften der Verfahren, welche vor der Verbreitung chemischer Kenntnisse durch empirisches mühevolles Ausproben ermittelt werden mußten, wurden als wertvolle Geheimnisse vererbt. Mit der Einführung der Teerfarbstoffe wurde dies bald anders. Von den Farbenlieferanten erhält der Färber brauchbare Anleitungen für die Anwendung der Farbstoffe auf pflanzlicher oder tierischer Faser und Angaben über die Eigenschaften, im besonderen die Echtheit der Farbstoffe, wodurch ihm deren Prüfung und Einführung ganz erheblich erleichtert wird. Die Leichtigkeit, mit der die ersten Teerfarbstoffe mit der Faser sich verbanden, ließ anfänglich bei den Färbern die Besorgnis aufkommen, daß von einer eigentlichen Färbekunst bald nicht mehr die Rede sein könne. Dem ist aber nicht so. Jeder Farbstoff, mag er einem anderen in seinem chemischen Wesen noch so ähnlich sein, hat seine besonderen Eigenschaften, mit denen der Färber und Zeugdrucker sich selbst genau vertraut machen muß, wenn er nicht recht unangenehme Erfahrungen machen will.

Die Zahl der Verfahren, die beim Färben der zahllosen Teerfarbstoffe angewendet werden, ist verhältnismäßig klein. Nach der chemischen Natur eines Farbstoffs läßt sich meistens mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Art, wie er angewendet sein wird, schließen. An der Hand der eingangs angegebenen sieben Färbeverfahren soll ein Überblick über die Anwendung der Teerfarbstoffe auf den ververschiedenen Färbereigebieten gegeben werden. Die nach diesen Verfahren anwendbaren Farbstoffarten werden durch Ausführung einzelner charakteristischer Vertreter der Farbstoffgruppen bezeichnet.

Die angeführten Färbeverfahren können in ziemlich weiten Grenzen abgeändert werden; im Bedarfsfalle sind die für die einzelnen Farbstoffe von den Fabrikanten ausgearbeiteten Sondervorschriften zu Rate zu ziehen. Die neben den Farbstoffnamen in [ ] befindlichen Nummern verweisen auf die näheren Angaben über Zusammensetzung, Herstellung und sonstigen Eigenschaften des betreffenden Farbstoffs in der 5. Auflage der Schultzschen Farbstofftabellen. Die Buchstaben A, B usw. geben Aufschluß über die Farbenfabriken, welche die Farbstoffe herstellen (vgl. die nachstehende Tabelle). Wo es sich um Farbstoffe handelt, die von vielen Fabriken geliefert werden, fehlt die Angabe über die Bezugsquelle oder es ist nur die in den Schultzschen Tabellen an erster Stelle angeführte Fabrik berücksichtigt.

Teerfarbenfabriken:

A = Aktiengesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin SO 36.
B = Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen a. Rh.
BK = Leipziger Anilinfabrik Beyer & Kegel G. m. b. H., Fürstenberg a. O.
By = Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Leverkusen b. Cöln a. Rh.
C = Leopold Cassella & Co., Frankfurt a. M.
ClCo = The Clayton Aniline Company, Ltd., Clayton b. Manchester.
Daw = John Dawson & Co., Ltd., Huddersfield (England).
DH = Farbwerke vorm. L. Durand, Huguenin & Co., Basel.
FTM = Fabriques de Produits chimiques de Thann & de Mulhouse, Mülhausen i. Els.
G = Anilinfarben- und Extrakt-Fabriken vorm. Joh. Rud. Geigy, Basel.
GrE = Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Werk Oehler, Offenbach a. M.
H = Read Holliday & Sons, Ltd., Huddersfield (England).
I = Gesellschaft für chemische Industrie, Basel.
K = Kalle & Co., Aktiengesellschaft, Biebrich a. Rh.
L = Farbwerk Mühlheim vorm. A. Leonhardt & Co., Mühlheim a. M.
LD = Lepetit, Dollfus & Gansser, Susa (Italien).
Lev = Levinstein Limited, Blackley, Manchester.
LP = Lucien Picard & Co., St. Fons b. Lyon.
M = Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst a. M.
MLZ = Manufacture Lyonnaise de Matières colorantes, Société Anonyme, Lyon.
NJ = Chemikalienwerk Griesheim G. m. b. H., Griesheim a. M.
P = Société Anonyme des Matières colorantes et produits chimiques de St. Denis, Paris.
RD = Roberts, Dale & Co., Manchester.
RE = Dr. Remy & Co., Weißenthurm a. Rh.
S = Chemische Fabrik vorm. Sandoz & Co., Basel.
SB = A. Sévoz & Boasson, Lyon-Vaise.
Sch = Schoellkopf, Hartford & Hanna Co., Buffalo.
tM = Chemische Fabriken vorm. Weiler-ter Meer, Uerdingen a. Rh.
v. H. = Chemische Fabrik von Heyden, Aktiengesellschaft, Radebeul b. Dresden.

VSt = Victor Steiner, Vernon (Eure).
W = Williams, Brothers & Co., Hounslow Middlesex (England).
WDC = Wülfing, Dahl & Co., A.-G., Barmen.

Allgemeine Bemerkungen über das Färben der Textilstoffe: Die gebräuchlichsten Textilstoffe (s. Textilien) sind:

a) tierische: Wolle und Seide (echte und sog. wilde Seide, Tussah u. dgl.);

b) pflanzliche: Baumwolle, Leinen (Flachs), Hanf, Nesselfaser, Typhafaser, Jute, Papiergarn und -gewebe.

c) künstliche: Kunstseide, Stapelfaser.

Die tierischen Fasern zeigen in ihrem Verhalten zu Farbstoffen große Ähnlichkeit, das gleiche gilt von den verschiedenen Pflanzenfasern untereinander. Jute nimmt aber infolge ihres Gehalts an Ligninsubstanz im Gegensatz zu Baumwolle basische Farbstoffe ohne Vorbeize mit Tannin an, ebenso fixiert Papierstoff, besonders wenn er mit harzsaurer Tonerde „geleimt" ist, infolge dieser Beize Farbstoffe viel leichter, als die ungebeizte Baumwolle. Die künstlichen Fasern, wesentlich aus Zellulose bestehend, verhalten sich demnach gegen Farbstoffe ähnlich wie Pflanzenfasern. Die Textilstoffe werden in losem, unversponnenem Zustande, als Garne (im Strang) oder als Flächengebilde, im Stück gefärbt.

Das Färben wird heute fast durchweg in eigens dazu konstruierten Apparaten ausgeführt, ebenso das Färben der auf Kops oder Kreuzspulen gewickelten Garne.

Ein eigenartiges neueres Verfahren, vornehmlich zum Färben von Baumwollspinnspulen in großem Umfange benutzt, ist das Färben im Schaum[4]).

Die Strangfärberei wird der Regel nach so ausgeführt, daß in viereckigen hölzernen Kufen, welche durch geschlossene Dampfschlangen geheizt werden, die Garnstränge auf Stöcken, welche auf den Längsseiten der Kufen aufliegen, in die Färbeflotte eingebracht und in dieser mit der Hand von zwei auf jeder Seite stehenden Arbeitern umgezogen werden. Um die Handarbeit zu ersetzen, hat man sinnreiche Apparate gebaut, welche besonders in größeren Färbereien benutzt werden[3]).

Auch für die Stückfärberei dienen meistens hölzerne, durch eine geschlossene Dampfschlange heizbare Kufen. Die Stücke werden mittels eines dicht über der Kufe befindlichen Haspels, der gewöhnlich mechanisch gedreht wird, durch die Flotte gezogen. Auch hier hat man eine Menge von Apparaten konstruiert, die in besonderen Fällen gewisse Vorteile bieten[5]).

In der Baumwollfärberei werden vorzugsweise der Jigger und die Klotz- oder Pflatschmaschine (Foulard) verwendet.

Die Gewebe werden dabei in gespanntem Zustande mittels Quetsch- und Leitwalzen durch die tunlichst konzentrierte (kurze) Färbe- oder Beizflotte geführt[6]).

Die Beschaffenheit des Wassers spielt bei dem Färben wie in der gesamten Textilveredlungsindustrie eine sehr wichtige Rolle[7]). Zum Lösen der Farbstoffe und zum Ansetzen des Farbbades wird hartes Wasser durch Zusatz von Essigsäure von 8° Bé, 1—2 L auf je 1000 L je nach Kalkgehalt des Wassess verbessert. In größeren Betrieben pflegt man das gesamte Wasser, welches zum Speisen der Dampfkessel und in der Färberei oder Druckerei benötigt wird, in bewährten Wasserreinigungsapparaten zu entkalken.

Die Erzielung völlig gleichmäßiger Färbungen gelingt in Strang- und Stückfärberei nur dann, wenn die Textilstoffe möglichst rein, frei von allen Fremdkörpern sind. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß beispielsweise Wollgarn, welches an einigen Stellen noch von der Wäsche herrührende Seifenreste enthält, den Farbstoff nicht gleichmäßig annehmen kann. Die Textilstoffe müssen auch gleichmäßig durchfeuchtet in die Farblösung eingebracht werden. Daß die Farbstoffe restlos gelöst und in filtriertem Zustande dem Färbebade zuzusetzen sind, bedarf kaum besonderer Betonung.

Für dunkle Farben werden tierische und pflanzliche Farbstoffe meistens in ungebleichtem Zustande benutzt, dagegen ist sorgfältige Bleiche der Textilstoffe für zarte helle Farbtöne unbedingt erforderlich.

Nach dem Färben muß durch sorgfältiges Spülen der nicht fixierte Farbstoff nebst den von den Textilstoffen aufgesaugten Hilfsstoffen entfernt werden. Anderenfalls schmutzen die Färbungen ab, sind nicht reibecht; Reste von Säuren werden bei dem Trocknen konzentriert und schädigen die Textilfasern, unter Umständen auch die Farben.

Das Färbverfahren im Einzelnen.

1. Das Färben mit basischen Farbstoffen. Für Gelb beispielsweise: Auramin, für Braun: Vesuvin, für Orange: Chrysoidin, für Grün: Viktoriagrün, für Blau: Methylenblau, für Violett: Methylviolett.

a) Färben der Wolle. Filtrierte Farblösung zugeben, umrühren, mit der Wolle eingehen, unter gutem Umziehen in ½—¾ St. auf etwa 90° C erhitzen. (Bei Auramin nicht über 65° C.). Spülen, trocknen.

b) Färben der Seide. Das Bad wird be-

stellt für 5 kg Seide mit etwa 120 L Wasser und 20 L Bastseife (von dem Entbasten der Rohseide mit etwa ⅓ ihres Gewichts reiner Kernseife herrührende, den sog. Seidenleim enthaltende Lösung). In Ermangelung von Bastseife kann eine Lösung von 600 g reiner Kernseife benutzt werden. — Bis zur schwach sauren Reaktion Essigsäure zufügen. Bei etwa 85° C unter allmählichem Zusatz der filtrierten Farbstofflösung ausfärben. Spülen und in etwa 10 min avivieren, d. h. die Seide griffig machen mit etwa 30 cc Essigsäure in 120 L weichem Wasser (am besten Kondenswasser).

Die sog. wilden Seiden, Tussah u. dgl. färben sich nicht so leicht und gleichmäßig an, wie die echte Seide, der Säurezusatz und die Temperatur müssen deshalb erhöht werden[8]).

c) Färben der Kunstseide[9]) und Stapelfaser. Vorbeizen 2—3 St. in einem etwa 50° C warmen Bade mit 2—5% (vom Gewicht der Kunstseide) Tannin; in einem mit 1% Salzsäure versetzten Bade behandeln, abschleudern, in frischem kalten Bade mit 1—2½% Brechweinstein fixieren, spülen. Ausfärben unter Zusatz von 5—10% Essigsäure zunächst kalt unter allmählichem Zusatz der Farbstofflösung, schließlich auf 50 bis 60° C erwärmen. — Die Janusfarben (M), z. B. Janusschwarz, Janusblau sind sehr geeignet für Kunstseide, sie ziehen auch auf die ungebeizte Faser.

d) Färben der pflanzlichen Textilstoffe. Zellulose ist der wesentliche Bestandteil aller (durch Wäsche und Bleiche gründlich gereinigten) pflanzlichen Textilstoffe wie Baumwolle, Leinen (Flachs), Nessel (Ramie, Chinagras), Hanf, Typhafaser, Papiergarn- und gewebe. Im Gegensatz zu den tierischen Textilstoffen nimmt die Pflanzenfaser die basischen Farbstoffe nicht ohne weiteres, sondern nur durch Vermittlung einer Beize mit Tannin und Brechweinstein an. Jute erfordert infolge ihres Gehalts an Ligninstoffen diese Vorbeize nicht. Das gleiche gilt bis zu einem gewissen Grade auch von Papiergarn, welches sich ähnlich wie mit Tannin vorgebeizter Stoff verhält.

Tanninbeize. Baumwollgarn (Leinen, Nessel) in einer Lösung von 5% (vom Gewicht des Garns) Tannin in einer zum Hantieren ausreichenden Menge 60° C heißen Wassers einige Male umziehen, einige Stunden in der Beize liegen lassen, 4—5-mal umziehen, schleudern oder abringen. Dann in einem etwa 30° C warmen Bade, welches 2% Brechweinstein enthält, 15 min umziehen, gut spülen.

Ausfärben bei 40—50° C unter allmählichem Zusatz der Farbstofflösung in etwa ½ St., spülen. Kalkhaltiges Wasser wird in üblicher Weise durch Zusatz von 1—2 L Essigsäure 8° Bé zu 1000 L Wasser verbessert. Bei der von John Dale erfundenen allgemein gebräuchlichen Tannin-Brechweinsteinbeize wird für dunkle Farben Tannin gewöhnlich durch etwa 50% Sumachextrakt oder andere billigere Gerbstoffe ersetzt. Statt Brechweinstein (Kaliumantimonyltartrat, s. d.) werden auch andere Antimonsalze benutzt: Brechweinsteinersatz = Kaliumantimonyloxalat, Antimonsalz = Doppelsalz Antimonfluorid und Ammoniumsulfat, Doppelantimonfluorid = Doppelsalz Antimonfluorid und Natriumfluorid. Henri Schmid hat als bewährtes Ersatzmittel der Antimonsalze das billige Zinkazetat, erhalten durch Auflösen von Zinkoxyd in technischer Essigsäure, empfohlen.

Stückware wird in einer 5%igen Tanninlösung oder einem entsprechend starken Sumachauszug geklotzt und unmittelbar darauf durch eine 1½%ige Brechweinsteinlösung gezogen.

2. Färben der Direktfarbstoffe (Kongofarbstoffe, Salzfarben, substantive Baumwollfarbstoffe). Für Gelb beispielsweise: Chrysamin, Chrysophenin, Primulin, für Orange: Kongoorange, Toluylenorange, für Braun: Kongobraun, Diaminbraun, für Rot: Kongo, Benzopurpurin, für Blau: Benzoazurin, Oxaminblau, Dianilblau, für Grün: Benzogrün, für Violett: Dianilviolett, Oxaminviolett, für Schwarz: Immedialschwarz, Dianiltiefschwarz.

a) Färben der pflanzlichen Textilstoffe. Nach Zusatz von 3% Seife und 15% Glaubersalz bei etwa 60° C eingehen, kochend in ungefähr ½ St. ausfärben. Abwinden und ohne zu spülen bei mäßiger Wärme trocknen. Das Bad ist möglichst kurz zu halten, d. h. man soll nur so viel Wasser zusetzen, daß noch hantiert werden kann. Bei sehr hartem Wasser kocht man nach Zusatz der Seife zunächst auf, schöpft die gebildete Kalkseife ab, setzt dann die Farbstofflösung und Glaubersalz zu und färbt aus. Glaubersalz wird vielfach durch Kochsalz ersetzt.

Für viele Direktfarbstoffe werden Zusätze von Soda oder Natriumphosphat, auch von Türkischrotöl oder Monopolöl u. dgl. empfohlen. Durch die beiden letzten Zusätze werden die Färbungen etwas lebhafter (in einigen Fällen angeblich auch lichtechter).

Manche Färbungen werden erheblich lichtechter durch Nachkupfern, d. h. ein etwa viertelstündiges Nachbehandeln der gespülten Färbungen in frischem Bade mit 3% Kupfervitriol und 2% Essigsäure

bei etwa 80° C. Ähnlich wie Kupfervitriol wirken Kaliumbichromat oder Chromfluorid. Dies gilt beispielsweise für Färbungen mit Benzoazurin, Dianilindigo, Dianilkupferbraun O.

b) Färben der Wolle. Kochend in einer Stunde unter Zusatz von 15—20% Glaubersalz. Möglichst kurzes Bad.

c) Färben der Seide. Seide kann wie die Pflanzenfaser unter Zusatz von etwa 4% Seife und ½% Soda oder auch unter Zusatz von etwa 15% Glaubersalz in 1 St. bei 80—90° C gefärbt und dann mit Essigsäure aviviert werden. Seide wird für sich allein kaum mit Direktfarbstoffen gefärbt, dagegen werden diese für gemischte Gewebe (Halbseide: Kette, Baumwolle, Schuß: Seide) wegen ihres gleichartigen Verhaltens gegenüber den verschiedenen Textilfasern in großem Umfange verwendet.

3. Das Färben mit Schwefelfarbstoffen[10]). Die zu färbenden Garne oder Stücke sind während des Färbens unter der Flotte zu halten. In der Strangfärberei werden zu diesem Zwecke etwa 3 cm dicke eiserne ⌐⌊⌋⌐ gebogene Gasrohre benutzt, die mit den Enden auf den Seitenwänden der Kufe aufliegen, während die mittlere Stelle mit den Strängen in die Flotte eintaucht. — Zur Stückfärberei dient der Unterflotten-Jigger mit zwei in der Flotte laufenden hölzernen Walzen, wobei das Gewebe während des Färbens abwechselnd von einer Walze auf die andere aufgerollt wird.

Schwarz mit Immedialschwarz auf Baumwolle. Das Bad wird bestellt mit 20% Farbstoff, 16% kristallisiertem Schwefelnatrium und 4 g kalzinierter Soda und 25 g kalziniertem Glaubersalz auf 1 L Flotte. Man geht in das warme Bad ein, färbt ¾ St. nahezu bei 100° C, quetscht ab und spült sofort. Dem letzten Spülbade setzt man auf das Liter 4 g Natriumazetat oder -formiat zu. Durch Nachbehandlung der gespülten Baumwolle mit 3% Kaliumbichromat und 3% Essigsäure 8° Bé (oder Ameisensäure) in heißem Bade während 25 min wird der Farbton schöner und seine Veränderung durch Nachoxydation verhütet. Es wird gut gespült und dem letzten Spülbade Natriumazetat beigefügt. Dieser Zusatz fällt dann vor der Nachbehandlung fort (C). Bei dem Weiterfärben auf der nicht erschöpften Flotte genügen etwa ⅔ der angegebenen Menge von Farbstoff und Hilfsstoffen. In analoger Weise werden die übrigen Immedial- und sonstigen Schwefelfarbstoffe gefärbt, z. B. Thiogengrün (M), Anthrachinonschwarz (B), Thionblau (K), Kryogenreinblau (B), Sulfinbraun (NJ), Katigengrün (By). Bei verschiedenen Schwefelfarbstoffen wie Melanogenblau (M), Kryogenblau (B), Thiocatechin (P) unterbleibt der Zusatz von Schwefelnatrium zum Färbebade.

Schwefelfarbstoffe wie Kryogenbraun (B), Immedialindon (C), Immedialgrün können auch in kaltem oder lauwarmem Bade gefärbt werden. Wegen ausführlicher Angaben über die Anwendung der zahllosen Schwefelfarbstoffe auf den verschiedenen Färbereigebieten sei auf die von den Teerfarbenfabriken ausgegebenen Sondervorschriften verwiesen.

Zum Färben von Wolle und Seide sind die Schwefelfarbstoffe nicht geeignet, doch läßt sich durch besondere Zusätze zum Färbebad erreichen, daß bei gemischten Geweben z. B. die Seide weiß bleibt, während die Baumwolle angefärbt wird.

4. Das Färben mit Säurefarbstoffen. Unter Säurefarbstoffen werden die Teerfarbstoffe verstanden, welche in kochendem saurem — gewöhnlich schwefelsaurem — Bade die tierische Faser anfärben.

Als erster Vertreter dieser Gruppe (1740) ist Indigokarmin (Sächsischblau) zu nennen, bestehend aus der Di- und Tetrasulfosäure des Indigos bzw. deren Natriumsalzen; es läßt sich leicht gleichmäßig in schwefelsaurem Bade auf die tierische Faser aufärben. Viel später erst (1862) hat man das Sulfierungsverfahren auch für die Teerfarbstoffe nutzbar gemacht. Seither bedient man sich zum Aufbau sulfierter wasserlöslicher Teerfarbstoffe entsprechend sulfierter Komponenten. Abgesehen von den Nitrofarbstoffen und einigen anderen Ausnahmen enthalten die meisten Säurefarbstoffe eine oder mehrere Sulfogruppen, welche ihnen, wie den Nitrofarbstoffen die Nitrogruppen, die Eigenschaften von Säuren verleihen. Die Xanthonfarbstoffe, die Pyronine, Eosine und Rhodamine werden in essigsaurem Bade gefärbt.

Färben der Wolle. Das Färbebad mit 15—20% Glaubersalz und der Lösung des Farbstoffs ansetzen. Bei etwa 70° C eingehen, 5% Schwefelsäure — vorher stark verdünnt — allmählich zugeben, zum Kochen treiben, in ½ St. ausfärben.

Die Schwefelsäure wird oft durch 12 bis 15% Natriumbisulfat (Weinsteinpräparat) ersetzt.

Färben der Wolle mit Eosin, Rhodamin u. dgl. Unter Zusatz von 4% Essigsäure 8° Bé und 4% Alaun in etwa 25 min kochend ausfärben. — Etwas lebhafter werden die Färbungen, wenn man die Wolle mit 5% Alaun, 5% Weinstein und 5% Essigsäure ½ St. ansiedet, das Bad

auf 40° C erkalten läßt, die Farblösung zusetzt, zum Kochen treibt und in ¼ St. kochend ausfärbt (B).

Färben der Seide. Für 5 kg Seide wird das Färbebad mit etwa 120 L Wasser und 30 L Bastseife angesetzt. Schwefelsäure bis zur deutlich sauren Reaktion zugeben. („Gebrochenes Bastseifenbad".) Ein Drittel der Farblösung zugeben, bei 50° C eingehen, Rest der Farbstofflösung allmählich und im Bedarfsfalle noch etwas Schwefelsäure zugeben, in etwa ½ St. kochend ausfärben. Spülen, avivieren mit etwa 10 cc Schwefelsäure 66° Bé in 120 L Wasser.

Färben der Seide mit Eosin, Rhodamin u. dgl. in essigsaurem Bade nach der für basische Farbstoffe angegebenen Vorschrift.

5. Das Färben mit Beizenfarbstoffen: Die Eigenschaft gewisser Pflanzenfarbstoffe, mit Metallsalzen behandelten, gebeizten, Textilstoffen (das Wort „Beizen" [franz. und engl.: mordant] ist auf die irrige Auffassung zurückzuführen, daß durch die Metallsalze die Faser geätzt und durch die so entstandene Oberflächenvergrößerung zur Aufnahme der Farbstoffe geeigneter würde) je nach der Natur des Metallsalzes eine besondere Färbung in dem nachfolgenden Färbebade zu erteilen, ist schon im Altertum verwertet worden[11]).

Das Färben mit Beizenfarbstoffen ist in erster Linie auf rein chemische Vorgänge zurückzuführen. Wenn man Alizarin durch Zusatz der berechneten Menge Natronlauge in Alizarinnatrium überführt und dessen Lösung mit Eisenchlorid versetzt, so scheidet sich durch Wechselzersetzung unter Bildung von Chlornatrium der tiefviolette Alizarineisenfarblack in Flocken ab. Getrocknet zeigt dieser sehr ähnliche Eigenschaften, wie der violette Farblack, der auf mit Eisensalzen gebeiztem Gewebe durch Ausfärben mit Alizarin erhalten wird. Auf analoge Weise können außerhalb der Faser die Tonerde-, Chrom- oder Zinnfarblacke hergestellt werden. Diese stimmen mit den auf der entsprechend gebeizten Faser gewonnenen Farben in den meisten Eigenschaften, wie Farbton, Unlöslichkeit in Wasser, Lichtechtheit, Verhalten gegen Säuren, überein. So wird z. B. der Eisenfarblack, auf der Faser oder für sich hergestellt, schon durch verdünnte Mineralsäuren zerstört, der Zinnfarblack wird durch eine heiße Lösung von Soda und Seife erheblich verändert, der Tonerdefarblack wird dabei etwas bläulicher und matter, der Chromfarblack wird dagegen nicht verändert.

Oft werden gemischte Beizen benutzt, es entstehen dabei komplizierte chemische Verbindungen, deren Eigenschaften, Farbe, Echtheit usw. der Regel nach aus denen der einzelnen Beizen annähernd zu berechnen sind. Die gemischten Beizen spielen eine wichtige Rolle in der Türkischrotfärberei, auf die später ausführlicher eingegangen wird; reine Tonerdebeize gestattet nicht die Erzielung guten Türkischrots. Es müssen auch Kalksalze zugegen sein, welche zur Bildung eines komplexen Alizarin - Aluminium - Kalzium - Farblacks führen.

Es ist einleuchtend, daß nur der Färber oder Kolorist, der mit dem Verhalten der Beizenfarbstoffe gegenüber den einzelnen Beizen genau vertraut ist, auf die gewünschten Ergebnisse rechnen kann. Der wertvollste Beizenfarbstoff ist vor seinem Aufbau aus dem Anthrazen des Teers als Pflanzenfarbstoff (Krapp) und in Gestalt mannigfacher Präparate daraus, wie Garancin, Krappextrakt, Krappkarmin, grünes Alizarin (Kopp) in großem Umfange in der Baumwoll-, Leinen-, Wollfärberei sowie im Zeugdruck verwendet worden. Auch in der Kunstmalerei, im Kunst- und Steindruck waren wegen ihrer Echtheit und Schönheit die Krapplacke stets hoch geschätzt (s. Farbst. I, 49). Bei der Einführung des reinen Alizarins und seiner Homologen Flavo- und Anthra(Iso-)purpurin hatte man sich nur an die erprobten alten Färbe- und Druckvorschriften zu halten und erfreute sich dabei aller Vorteile, die die künstlichen Farbstoffe durch ihre Reinheit und Gleichmäßigkeit vor den Pflanzenprodukten darbieten. In der Baumwollen- und Leinenfärberei (Türkischrotfärberei) sowie im Zeugdruck verdrängte das Alizarin sehr bald nach seiner fabrikmäßigen Gewinnung den Krapp, in der Wollfärberei dagegen gelang es erst fünfzehn Jahre später, vornehmlich den energischen zielbewußten Arbeiten der Badischen Anilin- und Sodafabrik (Brunck), Alizarin und eine Reihe anderer „Alizarinfarben" in der Wollechtfärberei einzubürgern.

Alle eigentlichen Beizenfarbstoffe sind durch ihre chemische Natur befähigt, wie Säuren mit Metalloxyden sich zu vereinigen, und zwar zu unlöslichen gefärbten Verbindungen. Ein Beizenfarbstoff enthält mindestens zwei auxochrome salzbildende Gruppen, zwei Hydroxyle, Hydroxyl und Karboxyl), und zwar in benachbarter Stellung zueinander; benachbart in diesem Sinn sind auch die in der sog. Peri- 1.8-Stellung des Naphthalins befindlichen Gruppen. Einige der gebräuch-

lichsten Beizenfarbstoffe sind die folgenden:

Alizarin: 1.2-Dioxyanthrachinon. Handelsnamen u. a.: Alizarin V 1, Nr. 1
Alizarin-Blaustich.
Beizen. Tonerde: rot (Türkischrot)
Chrom: bräunliches Bordeauxrot
Eisen: violett.

Anthrapurpurin, Isopurpurin: 1.2.7-Trioxyanthrachinon.
Handelsnamen u. a.: Alizarin SX, RX
Alizarin Gelbstich
Beizen: wie bei 1.

Flavopurpurin: 1.2.6-Trioxyanthrachinon.
Handelsnamen u. a.: Alizarin GI, SDG, CA
Alizarin Gelbstich
Beizen: wie bei 1.

Purpurin: 1.2.4-Trioxyanthrachinon.
Handelsnamen u. a.: Alizarinpurpurin
Purpurin, Alizarin Nr. 6.
Beizen: wie bei 1. Tonerde: bläuliches Rot; besonders für Rosa benutzt.

Amidoalizarin: 1.2-Dioxy-4-amidoanthrachinon.
Handelsnamen u. a.: Alizarin cardinal, Alizarin granat R
Beize. Tonerde: Granatfarbe.

Nitroalizarin: 1.2-Dioxy-3-nitroanthrachinon.
Handelsnamen u. a.: Alizarinorange A, W, SW, N, P
Beizen. Tonerde: orange
Chrom: bräunlichrot
Eisen: bräunlichviolett.

Anthragallol: 1.2.3-Trioxyanthracenbraun.
Handelsnamen u. a.: Anthracenbraun
Alizarinbraun
Beize. Chrom: braun.

Alizarinbordeaux B: 1.2.5.8-Tetraoxyanthrachinon.
Beize. Tonerde: bordeauxrot.

Alizarincyanin: 1.2.3.5.8-Pentaoxyanthrachinon.
Beizen. Tonerde: violett
Chrom: blau.

Alizarinblau: Dioxyanthrachinolin.
Beize. Chrom: blau.

Alizarinschwarz, Naphthazarin: Dioxynaphthochinon.
Beize. Chrom: schwarz.

Gallein: Pyrogallolphthalein.
Beize. Chrom: blauviolett.

Coerulein: aus Gallein durch Erhitzen mit konz. Schwefelsäure.
Beize. Chrom: olivgrün.

Chromogen I: 1.8-(Peri-)Dioxynaphthalindisulfosäure.
Beize. Chrom: braun.

Alizaringelb A: Trioxybenzophenon.
Beize. Chrom: gelb.

Beizengelb O (M): Monoazofarbstoff aus β-Naphthylamin-6-sulfosäure und Salizylsäure.
Handelsnamen u. a.: Chromgelb D,
R extra (By),
Beizengelb SD, R (B),
Anthracengelb BN (C)
Beize. Chrom: gelb.

Färben von Baumwolle und Leinen mit Beizenfarbstoffen:

1. Tonerdebeize. Türkischrot. Die Türkischrotfärberei wurde wie die ndigoküpenfärberei schon im Altertum in Ostindien und in der Türkei ausgeübt. Sie wurde um die Mitte des 18. Jahrhunderts in Frankreich (Rouen) und 1783 in Glasgow eingeführt. Zunächst wurde nur im Strang gefärbt, erst 1810 gelang es Daniel Koechlin in Mülhausen i. Els. Türkischrot auf Stückware herzustellen. Die sehr zeitraubenden Beiz- und Färbeverfahren für Krapp und Krappräparate wurden nach Einführung des künstlichen Alizarins ganz erheblich vereinfacht und von 4 Wochen auf etwa 3 Tage gekürzt.

Zur Gewinnung eines lebhaften echten Türkischrots ist die Anwendung von Türkischrotöl (s. d.) erforderlich. Die darin enthaltene Oxyfettsäure verbindet sich bei dem Beizen mit einem Tonerdesalz zu basisch rizinölsaurer Tonerde, nach Fischli $(C_{18}H_{35}O_2)_2Al_2(OH)_4$. Mit den freien Hydroxylgruppen dieser Verbindung vereinigt sich beim Färben mit Alizarin dieses zu dem Türkischrotfarblack. Zur Bildung dieses Farblacks ist aber außerdem die Anwesenheit eines Kalziumsalzes erforderlich, das bei sehr weichem Wasser in Form von Kreide oder Kalziumazetat zugesetzt wird. Liechti und Suida geben dem auf der Faser entwickelten Alizarintonerdekalziumlack die Zusammensetzung $(C_{14}H_6O_4)_3Al_2Ca(OH)_2$. Dabei ist aber die rizinölsaure Tonerde noch nicht in Rechnung gezogen. Die beiden von Fischli bzw. von Liechti und Suida aufgestellten Formeln kombiniert würden erst alle wesentlichen Komponenten des Türkischrotfarblacks: Alizarin, basische Tonerdeverbindung, Oxyfettsäure mit Kalziumsalz berücksichtigen.

Türkischrot (Neurot) mit Alizarin-Gelbstich auf Baumwollgarn

Alle zum Färben dienenden Hilfsstoffe und Geräte müssen durchaus eisenfrei sein. Die Dampfschlangen werden aus Zinn- oder gut verzinntem Kupferrohr verfertigt.

a) Ölbad. Die mit Lauge abgekochten und gebleichten Garne nach sorgfältigem Spülen und Abschleudern mit einem Ölbad aus 10 L Türkischrotöl 50% und 100 L Wasser, dem 220 g Natriumstannat zuge-

setzt sind, gleichmäßig tränken, schleudern und bei 40—45° C (nicht höher!) trocknen.

b) Tonerdebeize. Eine Lösung von reinem eisenfreiem Aluminiumsulfat mit Kristallsoda (etwa 100 g auf jedes kg Sulfat) versetzen und auf 6° Bé einstellen. Mit dem geölten Garn eingehen, etwa achtmal umziehen, 12 St. einlegen. Abwinden oder schleudern, bei 40—44° C trocknen und 18—24 St. in einem luftigen Raum, bei geeigneter Witterung am besten im Freien, hängen lassen.

c) Kreiden. In einem Kreidebad aus 1 kg reiner Schlemmkreide und 100 L Wasser von 45° C 10 min umziehen. Sehr gut waschen.

Das Trocknen und Verhängen nach der Tonerdebeize wird nach Henri Schmid vielfach durch einfaches Liegenlassen während einiger Stunden ersetzt, das Kreiden unterlassen und dafür dem Färbebade eine gewisse Menge Kalziumazetat zugesetzt.

d) Ausfärben mit 8—10% Alizarin-Gelbstich 20% ½ St. kalt, in 1 St. langsam auf 65° C erwärmen, dabei ½ St. halten, gut spülen, schleudern oder abwinden.

Eisenhaltiges Wasser ist unbrauchbar, sehr hartes Wasser wird durch Zusatz von Essigsäure — etwa 1 L auf 1000 L Wasser — verbessert.

e) Ölen wie bei 1 aber ohne zinnsaures Natron, bei 45° C trocknen. Dieses zweite Ölen kann auch — allerdings auf Kosten der Schönheit der Färbung — unterbleiben.

f) Dämpfen. 1 St. bei 1 atm Überdruck ev. 2 St. ohne Überdruck.

g) Avivieren mit 3—4% guter Kernseife und etwa ¼% Natriumstannat 1 St. bei 1 atm Überdruck. Spülen und bei gewöhnlicher Temperatur in luftigem Raum, am besten im Freien trocknen.

Rosa wird nach demselben Verfahren mit etwa 2% Alizarin-Blaustich gefärbt.

Für gewisse Zwecke, wo die Unlöslichkeit des Alizarins dem Eindringen des Farbstoffs in den Textilstoff und dessen gleichmäßigen Färben im Wege steht, beispielsweise bei dem Färben in Kopsfärbeapparaten oder von festgezwirntem Leinengarn leistet das durch DRP. 54 067 Erban und Specht geschützte Verfahren die besten Dienste. Es beruht auf der Anwendung von in Ammoniak gelöstem Alizarin.

Rosa wird z. B. nach folgender Vorschrift auf Stückware erhalten:

Alizarinlösung: 250 g Alizarin Nr. 1 b. 20% (M) in 3¼ L kalk- und eisenfreies Wasser gut verteilen, dann lösen mit ½ L Ammoniak 24%.

Bad I. 64 L kalk- und eisenfreies Wasser, 2 L Türkischrotöl 80%, 6 L Alizarinlösung.

Bad II. 70 L Wasser, 100 cc Essigsäure 8° Bé, 650 cc Aluminiumazetat 12° Bé, 114 cc Kalziumazetat 18° Bé.

Die Ware wird in Bad I foulardiert auf der Klotzmaschine (auch Pflatsch- oder Paddingmaschine genannt), in einer Heißluftkammer mit Leitrollensystem getrocknet, in Bad II foulardiert, getrocknet, 2 St. bei 1½ atm Überdruck gedämpft und zweimal mit einer Lösung von 1 kg Seife in 1000 L Wasser bei 80° C geseift.

Vortreffliche Abbildungen und Beschreibungen dieser wie aller zur Veredlung der Baumwolle sonst gebräuchlichen Maschinen gibt W. Elbers[39]).

2. Färben der Baumwolle (Leinen) auf Chrombeize.

a) Ölen in 10 L Türkischrotöl 50%, 90 L Wasser; trocknen.

b) 10 kg Sumachextrakt 30° Bé in 1000 L Wasser kochend lösen. Heiß eingehen, 12 St. einlegen. Gut abwinden oder schleudern und

c) in Chromchlorid 20° Bé 4 St. auslegen, abwinden, spülen. Für dunkle Färbungen wird nochmals in dem Sumach- und Chromchloridbad behandelt, aber nur 1 St. eingelegt.

d) Färben nach Zusatz von 1—2 L — je nach der Härte des Wassers — Essigsäure zu 1000 L Flotte. Eingehen bei etwa 30° C, allmählich auf etwa 95° C treiben, 1—1½ St. bei dieser Temperatur umziehen, spülen, heiß seifen.

3. Färben der Baumwolle (Leinen) auf Eisenbeize. Eisenbeizen werden in der Färberei der Teerfarbstoffe weit weniger als Chrom- und Tonerdebeize benutzt, weil die Eisenfarblacke meistens ein etwas fahles, wenig lebhaftes Aussehen haben. Ihre hauptsächlichste Verwendung in der Baumwollfärberei beruht auf ihrer gemeinsamen Benutzung mit Sumach oder anderen Gerbstoffen. Es entsteht dabei ein dunkler Untergrund, der mit basischen Farbstoffen überfärbt wird.

Als Eisenbeizen dienen zu diesem Zweck vornehmlich holzessigsaures Eisen (aus Eisenvitriol und holzessigsaurem Kalk) oder basisches Ferrisulfat, sog. salpetersaures Eisen u. a., aus Eisenvitriol durch Erhitzen mit Schwefelsäure und Salpetersäure dargestellt.

Mit Alizarin-Blaustich wird echtes Violett auf Eisenbeize erzielt. Das wie für Türkischrot geölte Garn wird mit holzessigsaurem Eisen gebeizt und ausgefällt, wie bei Türkischrot angegeben.

Auch gemischte Eisen- und Tonerdebeize findet zuweilen Anwendung.

Mit Nitrosofarbstoffen wie Dioxin (L)

werden auf mit Eisen gebeizter Baumwolle echte olivgrüne Farbtöne erhalten.

Färben der Wolle mit Beizenfarbstoffen.

1. Tonerdebeize.

Es ist bekannt, daß Louis Philippe zur Hebung des im Rückgang befindlichen Krappbaues in Südfrankreich in der französischen Armee die roten Hosen einführen und ihr Färben mit Krapp anordnen ließ.

Während in der Baumwoll-Türkischrotfärberei mit der Erfindung des Alizarins durch Graebe und Liebermann im Jahre 1868 Krapp und Krapp-Präparate bald vollständig durch den reinen synthetischen Farbstoff ersetzt wurden, wird das Krapprot in der Echtfärberei der losen Wolle auch heute noch z. T. mit Krapp hergestellt. Es ist nämlich nicht zu leugnen, daß die mit dem Pflanzenfarbstoff hergestellten Färbungen etwas walkechter sind, als die mit Alizarin auf derselben Beize erhältlichen[38]).

Es konnte bisher nicht mit Sicherheit ermittelt werden, auf welchen Bestandteil des Krappes die Bildung des gegen alkalische Walklauge besonders widerstandsfähigen Tonerdefarblacks des Krappfarbstoffs zurückzuführen ist. Nachgewiesen wurden im Krapp u. a. Stärkemehl, Pektinkörper, Harz, Traubenzucker und Fettkörper. Die beste nachstehende Färbevorschrift zur Erzielung walkechten Krapprots mit Alizarin, die bisher bekannt geworden ist, wurde von der Badischen Anilin- und Sodafabrik ausgearbeitet.

a) Beize. Wolle 2 St. ansieden mit 10% Alaun, 3% Weinstein und 2% Oxalsäure (ev. noch ½—1 % Zinnsalz).

b) Ausfärben unter Zusatz von 200 g Kalzumazetat, 100 g gute Kernseife (Marseillerseife) und 50 g Tannin auf je 1 kg Alizarin. Langsam zum Kochen treiben, 1½ St. kochen.

2. Färben der Wolle auf Chrombeize.

a) Chrombeize mit Kaliumbichromat. Beizen: 1½ St. kochend mit 3% Kaliumbichromat (Chromkali), 2½% Weinstein; spülen. Sehr hartes Wasser wird durch Zusatz von 1—2 L Essigsäure 8° Bé auf 1000 L verbessert.

Ausfärben: Nach Zusatz von 1—2 L Essigsäure und Farbstoff bei etwa 40° C eingehen, zum Kochen bringen, in 1½ St. ausfärben. Coerulein, Alizarinblau und Anthrazenbraun erfordern zur völligen Entwicklung des Farblacks 2½ stündiges Kochen. — Die Farbstoffe sind gelöst oder wenn es sich um Teigware handelt gut mit Wasser verrührt durch ein Haarsieb dem Färbebad zuzusetzen. Bei dem Beizen wird Weinstein vielfach durch etwa 1% Schwefelsäure oder 2% Oxalsäure oder 3% Milchsäure oder 3% Ameisensäure ersetzt. Mit Kaliumbichromat allein anzusieden ist nicht rätlich, weil in diesem Falle die Reduktion des Bichromats auf Kosten der Wolle erfolgt und diese notleidet.

Für helle Farben genügt eine Beize mit 2% Chromkali und 2% Weinstein.

b) Chrombeize mit Fluorchrom. Beize: 1½ St. in einer Holzkufe ansieden mit 4% Fluorchrom und 1% Oxalsäure. Ausfärben wie bei Chromkalibeize.

c) Chrombeize. Einbadverfahren A.

Dem mit Essigsäure verbesserten Bade den Farbstoff zugeben, bei 50° C eingehen, zum Kochen treiben, nach ½ St 2% Kaliumbichromat und 2% Weinstein in Lösung allmählich zusetzen, nach ¾ St. kochen lassen.

d) Chrombeize. Einbadverfahren B.

Farbstoff und 4% Fluorchrom zugeben, bei 50° C eingehen, ½ St. hantieren, in ½ St. zum Kochen treiben, 1½ St. kochen lassen.

e) Chrombeize. Einbadverfahren C.

Für Tuchrot und ähnliche Azofarbstoffe.

Dem sauren, mit 20% Glaubersalz und 5% Schwefelsäure, oder bei rasch anfallenden Farbstoffen wie Tuchrot mit 5% Essigsäure versetzten Bade den Farbstoff zusetzen, bis zur Erschöpfung der Flotte kochen lassen, 4% Fluorchrom zusetzen, noch ¾ St. kochen. (Nach F. V. Kallab.)

f) Chrombeize. Einbadverfahren D.

Dem Bade 1½% Kaliumbichromat, 3% Milchsäure und 1½% Schwefelsäure zugeben, bei etwa 70° C eingehen, in ½ St. zum Kochen treiben, ½ St. kochen, das Bad auf etwa 50° C abkühlen, mit Ammoniak neutralisieren, Farbstoff zugeben, zum Kochen treiben, nach ½ stündigem Kochen noch etwas Essigsäure zufügen und bis zur Erschöpfung der Flotte kochen (M).

3. Färben der Wolle auf Eisenbeize.

Die Nitrosofarbstoffe Solidgrün O (M), Echtdruckgrün (K), Soliddruckgrün (By), Naphtolgrün B (C), Dioxin (L) geben mittels Eisenbeize sehr echte olivgrüne Farben.

Wolle 1 St. ansieden mit 5% Eisenvitriol und 2% Oxalsäure (oder 1% Schwefelsäure), Spülen.

Ausfärben: 1 St. kochend.

Für Naphtolgrün B wird kochendes Färben ohne vorheriges Beizen in einem Bade unter Zusatz von 10% Weinsteinpräparat (Natriumbisulfat) und 5% Eisenvitriol empfohlen. Diese Vorschrift dürfte auch bei den übrigen Nitrosofarbstoffen anwendbar sein.

Färben der Seide mit Beizenfarbstoffen:

a) Tonerdebeize: 100 g eisenfreier Alaun und 40 g Natriumthiosulfat im L Wasser. Eingehen. Je 1 St. bei 40° C, bei 60° und bei 80° C einlegen; spülen.

Ausfärben in mit Essigsäure bis zur schwach sauren Reaktion gebrochenem Bastseifenbade. Bei 40° C eingehen, in ½ St. zum Kochen treiben, 1 St. kochen, spülen, mit einer Lösung von 50 g guter Kernseife im L Wasser kochend seifen, in kalkfreiem Wasser spülen und mit 30 g Essigsäure im L lauwarmen Wassers avivieren.

b) Chrombeize mit Chromchlorid.

In Chromchlorid 20° Bé bei etwa 40° C 5 St. anziehen, 12 St. einlegen, gut spülen, abwinden oder schleudern. In Wasserglaslösung 1° Bé fünfmal umziehen, spülen. Ausfärben wie bei Tonerdebeize (B).

c) Chrombeize mit chromsaurem Chromoxyd, Chrombeize GAIII (M), fünfmal umziehen, 12 St. einlegen, abwinden oder schleudern und ½ St. in einer Lösung von 30 g kalzinierter Soda im L bei 60% behandeln, gut spülen.

Ausfärben wie bei Tonerdebeize.

Seide wird mit Alizarin- und anderen Beizenfarbstoffen gefärbt in allen Fällen wo Licht und Walkechtheit verlangt werden müssen. Beispielsweise werden so gefärbt die zu Wollstoffen verwendeten Effekt- oder Zierfäden.

Kunstseide kann mit Beizenfarbstoffen nicht gefärbt werden, weil sie das zur Entwicklung der Farblacke erforderliche längere Kochen nicht verträgt.

5. Indigofärberei Blaufärberei. Färben mit Küpenfarbstoffen[14]): Indigoblau, Türkischrot und Anilinschwarz sind die drei seit langer Zeit eingebürgerten klassischen Farben, deren Schönheit und hohe Echtheit ihnen wohl auch in der Zukunft einen dauernden Platz in Färberei und Zeugdruck sichert. Indigo ist ein Küpenfarbstoff, d. h. er muß, da er unlöslich ist, in das zum Färben geeignete, in verdünnten Alkalien leicht lösliche Indigoweiß, in eine sog. Küpe umgewandelt werden. Indigo findet sich als ungefärbtes Glukosid in zahlreichen Pflanzen, besonders in dem Waid (Isatis tinctoria) und in verschiedenen Indigoferaarten, deren wichtigste, Indigofera tinctoria, der Färberindigo in Indien, Japan, Java und in Südamerika (Guatemala) angebaut wird. Für die Färberei hatten nur der Waid und der Indigo aus den Indigoferaarten Bedeutung. Durch den Ausbau und die Anpassung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungen Ad. v. Baeyers an die Forderungen der Industrie war es nach vieljährigen Bemühungen zunächst der Badischen Anilin- und Sodafabrik gelungen, den synthetischen Indigo 1897 zu einem Preise auf den Markt zu bringen, der trotz der vollkommenen Reinheit des Farbstoffs den Preis des Pflanzenindigos nicht überstieg.

„Indigo rein B.A.S.F" und der synthetische Indigo der Höchster Farbwerke, der nach einiger Zeit unter der Bezeichnung „Indigo M.L.B." folgte, führten sich rasch in Färberei und Zeugdruck ein. Die Ausfuhr von synthetischem Indigo belief sich im Jahre 1913 auf 33 353 Tonnen im Werte von 54 Mill. M., wogegen die Einfuhr von Pflanzenindigo in demselben Jahre auf 58 Tonnen im Werte von etwa 290 000 M. zurückging[15]). Die großen Vorzüge, die das Arbeiten mit einem ganz reinen Farbstoff bieten, wurden von den chemisch gebildeten Betriebsleitern der Zeugdruckereien und Färbereien bald gewürdigt. Im übrigen wurden die alten Verfahren für Pflanzenindigo im wesentlichen beibehalten. Versuche, die Küpe durch Färben mit wasserlöslichem kolloidem Indigo zu ersetzen[16]), führten nicht zu praktisch verwertbaren Erfolgen.

Aus der großen Zahl der heute noch üblichen Küpen mögen einige der gebräuchlichsten kurz angegeben werden. Allen gemeinsam ist die Anwendung eines Reduktionsmittels und eines zur Lösung des gebildeten Indigoweiß geeigneten Alkalis.

Da durch Alkalien Wolle und Seide Schaden erleiden, sind für diese mildwirkende Alkalien wie Ammoniak vorzuziehen und die Menge des Alkalis ist tunlichst zu beschränken.

Auf und in der mit Indigoweißlösung getränkten Textilfaser scheidet sich bei Zutritt der oxydierenden Luft der Indigo ab. Von besonderer Wichtigkeit ist es, daß diese Abscheidung in möglichst feiner Verteilung erfolgt. Aus schwächerer Küpe erhält man weit reibechteres, mit der Faser fester verbundenes Indigoblau als aus einer sehr farbkräftigen Küpe. Der Färber zieht es deshalb vor, ein dunkles Blau in mehreren „Zügen" (dieser Ausdruck ist darauf zurückzuführen, daß lose Wolle in die Küpe in einem großen Netze herabgelassen wird, welches nach Bedarf hochgezogen wird) auf einer schwächeren Küpe zu färben, in dem er jeweils nach dem sog. „Vergrünen" d. h. der vollständigen Entwicklung der blauen Färbung an der Luft sie nach Bedarf wiederholt in die Küpe zurückbringt und bis zum verlangten Farbton auffärbt.

Färben von Baumwolle (Leinen) in der Zinkkalkküpe[14]): Stammküpe: 10 kg Indigo Teig 20% SB (B.A.S.F.) mit 1,2 kg Zinkstaub, der

mit 20 L 50—60° C heißem Wasser angerührt wurde, vermischen alsdann 4—5 kg Ätzkalk, der zuvor zu einem gleichmäßigen Brei abgelöscht wurde, noch warm zusetzen. Mit heißem Wasser auf 80—100 L auffüllen. Diese Stammküpe, die 50—60° C warm sein soll, ist von Zeit zu Zeit gut durchzurühren. Nach etwa 5 St. ist die Küpe rein gelb und fertig zum Gebrauch.

Färbeküpe. Zunächst wird das Wasser, um die schädliche Wirkung des darin gelösten Sauerstoffs auszuschalten, mit etwa 250 g Zinkstaub und 1 kg vorher zu Brei gelöschten Ätzkalks versetzt. Von der Stammküpe nach Bedarf zugeben und ausfärben. Die Küpe darf nicht zu kalt werden, sie muß auf einer Temperatur von 20—24° C gehalten werden. Wenn die gelbe Farbe der Küpe grünlich wird, so ist durch Zusatz von Reduktionsmitteln „nachzuschärfen". Garn wird in üblicher Weise auf Stöcke so aufgehängt, daß es möglichst unter der Flotte ist, und langsam umgezogen. Das Garn wird unter der Flotte ausgerungen und nachdem es am Pfahl ganz gleichmäßig abgewunden ist, zum Vergrünen gehängt.

Der Färber hält sich einige Küpen von verschiedener Stärke bereit. Er beginnt mit dem Färben in der schwächsten Küpe und gibt bis zur Erreichung des aufgegebenen Farbtons Züge in einer stärkeren Küpe.

Hydrosulfitküpe[14]) [17]): Stammküpe: 25 kg Indigo MLB/2 B Teig 20% mit 25 L Wasser anteigen, 12 L Natronlauge 40° Bé zusetzen, gut umrühren, auf 50° C erwärmen.

5 kg Hydrosulfit konz. Pulver zusetzen, bei zur vollständigen Reduktion auf 45° bis 50° C halten. Die Küpe ist dann goldgelb.

Färbeküpe: Mit etwa 300 g Hydrosulfit konz. Pulver und 200 cc Natronlauge 40° Bé vorschärfen, einige Stunden stehen lassen. Nach Bedarf von der Stammküpe beifügen und ausfärben. Großer Überschuß von Hydrosulfit und Natronlauge ist zu vermeiden, weil dadurch das Aufziehen des Indigo zu sehr verlangsamt wird. Andererseits macht sich ein Mangel an Hydrosulfit dadurch bemerklich, daß die Färbung beim Spülen einen großen Teil der Farbe wieder abgibt.

Färben von Wolle in der Küpe: Gährungsküpe: Die Gährungsküpe ist die älteste und früher gebräuchlichste Küpe. Auch Baumwolle und Leinen werden heute noch darin gefärbt, z. B. in Rußland und im Orient.

Im Orient wurde die Indigoküpe durch Zusatz von zucker- und stärkehaltigen Stoffen und Alkalien wie Pflanzenasche oder Kalk angesetzt. In Deutschland wurde Waid zunächst allein, später in Verbindung mit Indigo verküpt. Die Reduktion des Farbstoffs erfolgte durch den Wasserstoff, der bei der durch Mikroorganismen eingeleitete Vergährung des Zuckers entwickelt wird. Während im Orient auch heute noch an vielen Orten Wolle und Seide in der kalten Gährungsküpe und zwar sehr reibecht gefärbt werden, ist in Europa für die tierische Faser allgemein die warme Küpe im Gebrauch, weil sie ein weit rascheres Färben ermöglicht. Wenn die Küpe gut arbeiten soll, erfordert sie dauernde sachgemäße Beaufsichtigung. Vor allem darf die Temperatur nicht unter 45° C sinken. Der geübte Küpenfärber erkennt an dem Geruch und dem Aussehen der Küpe sofort, ob sie in Ordnung oder ob sie „krank" und eines Zusatzes bedürftig ist. Über die richtige Führung der Küpe und ihre Anwendung auf den verschiedenen Gebieten der Färberei besteht eine sehr umfangreiche Literatur, auf die verwiesen werden muß. Einige bewährte Küpenansätze mögen folgen.

Sodaküpe (Inhalt 6—8000 L):

Indigo rein Teig 20% B.A.S.F.	12 kg
Syrup	8 kg
Kleie	20 kg
kalz. Soda	14 kg
Kalk	3 kg
Krapp	6 kg

Ansatz einer kleinen Waidküpe von 2—300 L Inhalt:

Indigo rein Teig (20% S (B.A.S.F.)	4—500 g
Waid	1 kg
Kleie	400 g
Krapp	400 g
Soda	120 g
Kalk	50 g

Der Waid wird in kleinen Stücken einige Stunden in heißem Wasser eingeweicht und dann mit den anderen Zusätzen der 60° C warmen Küpe zugefügt. Nach längerem guten Durchrühren wird die Küpe mit einem gut schließenden Deckel bedeckt. Wenn die Gährung nach etwa 12 bis 16 Stunden begonnen hat, wird durch vorsichtigen Zusatz von Kalk die Verküpung befördert. Allmählich geht die bläulich rote Farbe der Flotte durch Grün in Gelb über und auf der Oberfläche scheidet sich ein blauer Schaum, die „Blume" ab[18]). In der Regel ist die Küpe nach etwa drei Tagen fertig zum Gebrauch.

Da das Färben unter der Flotte erfolgen muß, sind für die Strang- und Stückfärberei besondere z. T. sehr sinnreich konstruierte Vorrichtungen im Gebrauch.

. Das Färben von Anilinschwarz[19]): Die Anilinschwarzfärberei ist verhältnismäßig jung. Die Farbe wird auf und in der Textilfaser durch Oxydation eines Anilinsalzes erzeugt; sie zeichnet sich, wenn sie richtig entwickelt ist, durch unübertreffliche Echtheit in der Wäsche, gegen Chlorεn und die Einflüsse des Lichts und der Witterung aus.

Die Anwendung des Anilinschwarz in der Färberei beginnt mit Bobeufs durch franz. Pat. 68 079 vom 15. 7. 1865 geschütztem Verfahren. Nach seinen Angaben wurde von den Färbern Nordfrankreichs in Lille, Tourcoing und Roubaix Baumwollgarn in folgender Weise gefärbt. Benutzt wurden zwei getrennte Lösungen:

1. 6 kg Anlin gelöst in
   9 kg Salzsäure,
   12 kg Schwefelsäure,
   200 L Wasser
2. 12 kg Natriumbichromat in
   200 L Wasser.

In eine Steingutschale kommen je 2 L von Lösung 1 und 2. In dieser Mischung wird 1 kg Baumwollgarn rasch umgezogen. Das Schwarz entwickelt sich sofort, in 1 bis 2 Minuten. Nachdem alles Garn so gefärbt ist, wird es abgewunden und 20 Minuten bei ¼ atm Überdruck gedämpft. Der ursprünglich bronzige Ton geht dabei in technisch unvergrünliches Kohlschwarz über. Das so gefärbte Baumwollgarn schmutzt aber ziemlich stark ab, es wurde vornehmlich als Kettgarn für Halbwollgewebe verarbeitet.

Das Verfahren zur Herstellung eines völlig unvergrünlichen, nicht abrußenden Schwarz, sog. „Diamantschwarz", wie es in unübertoffener Güte von Louis Hermsdorf in Chemnitz selbst auf dem feinsten Florgarn hergestellt wird, wurde streng geheim gehalten. Nach allen veröffentlichten Vorschriften gelang es nicht, ein solches Schwarz zu erzielen. Da das im Zeugdruck erzielte Schwarz nicht abschmutzte und die Faser nicht merklich schädigte, lag es nahe, die im Zeugdruck benutzte Stärkeverdickung auch bei dem Färben anzuwenden. Der Stärkekleister verlangsamt die Entwicklung des Schwarz und verhütet dadurch dessen Abschmutzen. Lehne[20]) hat 1890 folgende Vorschrift veröffentlicht, die zum Färben von Baumwolle, Halbseide, Ramie und anderen Pflanzenfasern dienen kann.

400 g Stärke werden mit 5 L Wasser gekocht, hierzu gibt man 600 g Natriumchlorat, gelöst in 3 L Wasser, 100 g Kupfersulfid, 1 kg Anilinsalz gelöst in 2 L Wasser.

Das Ganze wird gut vermischt und durch ein feines Sieb in eine Steingutschale gegossen. Das Garn wird Strang für Strang zwei- bis dreimal durch diese Mischung genommen; jedesmal wird abgewunden und gut egalisiert. Hierauf läßt man bei 30° C in feuchter Luft 1—2 Tage hängen. Das Garn soll lose und offen hängen und muß öfters gedreht werden, damit die Oxydation gleichmäßig verläuft. Nach der Hänge wird 10 Minuten lang bei 80° C in einem Bade aus 60 g Kaliumbichromat, 40 g Schwefelsäure 66° Bé, 100 L Wasser umgezogen, in kaltem Wasser gut gespült und hierauf 15 min bei 70° C in einer Lösung von 100 g Kernseife und 60 g kalz. Soda in 100 L Wasser umgezogen und bei gelinder Wärme getrocknet. Statt in der Hänge kann man auch durch einstündiges Dämpfen im Dampfkasten das Schwarz entwickeln, doch ist der Faden dann merklich schwächer. Kielmeyer[21]) macht mit Recht auch auf den Vorteil des Stärkekleisters aufmerksam, daß er das unlösliche Schwefelkupfer im Färbebad trägt, also zu dessen gleichmäßiger Verteilung auf dem Garn beiträgt und so die gleichmäßige Oxydation des Schwarz auf der Faser unterstützt. Auch sei anzunehmen, daß ein verdicktes Bad nicht bis in den inneren Kern des Garns sich erstrecke und deshalb das Garn fester bleibe.

Bei dem Färben sind ausschließlich hölzerne Geräte und Werkzeuge zu benutzen; die geringste Menge Alkali, die mit dem Garn in Berührung kommt, verursacht weißliche Flecken, auch Wasser gibt graue Flecken.

Anilinschwarz in der Wollfärberei: Das Färben der Wolle mit Anilinschwarz bietet besondere Schwierigkeiten. Lightfoot schrieb dies der reduzierenden Wirkung der Wolle zu und versuchte sie durch eine vorherige Oxydation mittels angesäuerter Chlorkalklösung geeigneter zu machen. F. Reisz benutzte zu demselben Zwecke Permanganat, wobei der auf der Faser abgeschiedene Bister zugleich die Entwicklung des Schwarz bewirkte. Bethmann (DRP. 130 309), von der Ansicht ausgehend, daß nicht nur die reduzierende, sondern auch die alkalische Wirkung der Wolle die Entwicklung des Schwarz verhindere, kocht die Wolle zunächst mit etwa 5% ihres Gewichts Schwefelsäure. F. V. Kallab[22]), der sich besonders eingehend mit dem Färben und Drucken von Anilinschwarz auf tierischer Faser befaßt hat, verdanken wir eine sorgfältige kritische Zusammenstellung der verschiedenen Verfahren. Er beurteilt auf Grund aus der Praxis stammender Proben das Bethmannsche Verfahren günstig bezüglich Schönheit, Echtheit und Her-

stellungskosten. Indessen ist es noch nicht gelungen, durch Anilinschwarz die eingebürgerten echten Schwarzfärbungen, die mit Teerfarbstoffen erhalten werden, zu verdrängen. Deren weit einfachere Anwendung bei ausreichender Echtheit und Schönheit läßt dies auch zweifelhaft erscheinen.

Anilinschwarz auf Baumwollstückware. Bei der Entwicklung von Anilinschwarz in der Hänge ist sorgfältig darauf zu achten, daß keine Zugluft die Ware trifft, weil dadurch die gleichmäßige und vollständige Oxydation verhindert wird. Das Hängeverfahren ist meistens durch das Oxydationsverfahren verdrängt worden, weil dieses viel schnelleres und sicheres Arbeiten und größere Produktion ermöglicht. Für die kontinuierliche Oxydation von Stückware hat sich besonders der Apparat von C. A. Preibisch bewährt. Seine Einrichtung wird durch die beigefügte Zeichnung aus der deutschen Patentschrift 32 079 vom 17. September 1879 veranschaulicht (Abb. 1). Das getränkte Gewebe wird in gespanntem Zustand auf langem, vertikal auf- und absteigendem Weg automatisch durch die Trocken- und Oxydationskammer geführt. Die Kammer wird durch ein Heizrohrsystem auf einer gleichmäßigen Wärme von 44—50° C erhalten und die sich bildenden Dämpfe und Gase werden

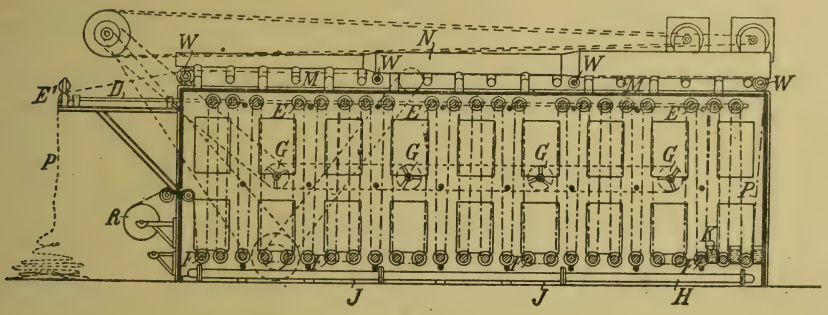


Abb. 1.

auf der ganzen Länge der Kammer gleichmäßig abgesaugt. Das Trocknen und Oxydieren findet in dem vorderen Teile der Kammer statt. Hierzu strömt beständig frische Luft von etwa 25° C von unten in diesem Teil der Kammer bzw. zwischen den Gewebezug ein. Sobald die so getrocknete und oxydierte Ware in den hinteren, vollständig geschlossenen Teil der Kammer gelangt, beginnt sie sich zu färben. Am Ende der Kammer befinden sich zwischen dem Gewebezuge einige Behälter mit Wasser, der oxydierten Ware wird so die Feuchtigkeit zugeführt, welche für den guten Ausfall des Schwarz erforderlich ist. Die Ware verläßt alsdann die Kammer, wird über diese hinweg nach vorn geführt und dort abgelegt.

Die Kammer besteht aus einem eisernen Gestell, welches mit einer Holzwandung ausgekleidet ist, die an den Längsseiten mit Türen und Fenstern versehen ist, damit man den Verlauf des Prozesses beaufsichtigen und überall zu der Ware gelangen kann. Das mit der Farbmasse getränkte Gewebe P ist auf einem Haspel aufgerollt, welcher am vorderen Ende der Kammer in Stützen ruht. Durch einen in der Stirnwand der Kammer befindlichen Schlitz wird das Gewebe in die Kammer eingeführt und abwechselnd über die losen unteren und festen oberen Haspel gezogen. Damit das Trocknen der Ware bei verhältnismäßig niedriger Temperatur möglichst rasch erfolgt, steht das Innere der Kammer mit zwei Exhaustoren L in Verbindung, welche die Luft beständig absaugen; durch die Öffnungen J am Boden des vorderen Teiles der Kammer strömt frische Luft nach.

In größtem Umfange wird seit 1880 der „Ager", der kontinuierliche Schnelloxydierapparat der Firma Mather & Platt in Manchester in der Färberei und im Zeugdruck benutzt (Abb. 2). Die Kammer wird vermittelst eines am Boden liegenden durchlochten Dampfrohres auf etwa 77° C (74 Hygrometergrade) erwärmt. Die Stücke laufen mit einer Geschwindigkeit von etwa 60 m in der Minute über Kupferwalzen, welche von einer kleinen Dampfmaschine gedreht werden.

Vielfache Versuche, andere aromatische Basen ebenso wie Anilin anzuwenden, haben zu verschiedenen im Betrieb angewendeten Verfahren geführt. Einige Derivate des Para-Diphenylamins liefern schönes unvergrünliches Schwarz; p-Aminodiphenylamin bringen die Höchster Farbwerke als Diphenylschwarz-

base pat. in den Handel. Ein echtes ätzbares Braun und Olivtöne für Färberei und Druckerei werden nach dem Verfahren des DRP. 210 643 von Henri Schmid erzielt, indem Salze von m-Aminophenol allein oder in Mischung mit o- oder p-Aminophenolen mittels Natriumchlorat und Ferrozyanverbindungen durch Dämpfen auf der Faser oxydiert, dann verhängt oder chromiert und mit alkalischen Bädern behandelt werden. Ein echtes Braun für Färberei und Druckerei erhielt Henri Schmid auch nach dem durch DRP. 176 062 geschützten Verfahren, indem er stark abgestumpftes ev. ganz entsäuertes p-Phenylendiamin durch Chlorate und Spuren von Vanadiumsalz in der Hänge oder durch Dampf entwickelt. Das Braun läßt sich durch Aufdruck hydrosulfithaltiger Reserven wie Rongalit, Hyraldit und kurzes Dämpfen weiß oder bunt ätzen.

Hierher gehören auch die von E. Erdmann erfundenen Verfahren zum Färben menschlicher nnd tierischer Haare mittels der Ursolfarben der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin. Nach P. Friedländer ist Ursol P: p-Aminophenol und Ursol D: p-Phenylendiamin. Die Ursole dienen zur Erzeugung sehr lichtechter schöner brauner und schwarzer Farben, sie spielen in der Pelzfärberei eine große Rolle. Nach E. Gruene[37]) werden die mittels einer sog. Tötung z. B. aus Salmiak, schwefelsaurer Tonerde und Kalkmilch vorbereiteten Felle schwarz gefärbt, mit 4 g Ursol D, 50 g Wasserstoffsuperoxyd im Liter, indem man 16 St. einlegt, spült, läutert und an einem schattigen

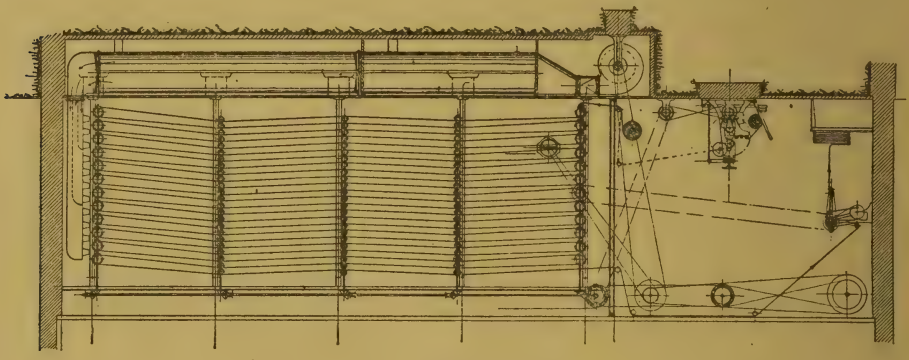


Abb. 2.

Ort trocknet. Braun wird ebenso gefärbt mit 2 g Ursol P, 2 g Ammoniak und 20 g Wasserstoffsuperoxyd im Liter. — Vielfach wird statt des unmittelbaren einbadigen Färbens eine 4—6 stündige Vorbeize der Fette bei etwa 20° C mit 2 g Kaliumbichromat, 1 g Weinstein und ½ g Kupfersulfat im Liter und gutes darauf folgendes Spülen angewendet, im übrigen gefärbt wie vorher.

7. Die Erzeugung von Azofarbstoffen auf der Faser.

Die mannigfachen Vorteile, welche die Bildung von in Wasser unlöslichen Farbkörpern auf der Faser bietet, im besonderen Waschechtheit und flotte Produktion, riefen zahlreiche Versuche hervor, ebenso wie Schwarz und Braun auch lebhafte echte Töne wie Rot, Blau usw. auf der Faser zu erzeugen. Das erste Färbeverfahren, welches die Entwicklung unlöslicher Azofarben auf der Faser betraf, wurde Th. und R. Holliday in Huddersfield durch brit. Pat. vom 6. Juli 1880 geschützt.

Die Erzeugung des echten Paranitranilinrots aus p-Nitranilin und β-Naphtol in Färberei und Zeugdruck erlangte hohe technische Bedeutung, nachdem es M. v. Gallois und E. Ullrich gelungen war, die bisherigen Mängel des Pararots, Gelbstich und Absublimieren dadurch zu beseitigen, daß bei der Entwicklung des Rots Türkischrotöl mitverwendet wird. Pararot besitzt zwar nicht die Echtheit des Türkischrots, ist aber mit diesem auf vielen Verwendungsgebieten in Färberei und Zeugdruck in erheblichen Wettbewerb getreten.

Paranitranilinrot auf Baumwollstückware wird nach folgender, dem „Ratgeber" der Höchster Farbwerke (1908) entnommenen Vorschrift erhalten:

Grundieren mit einer auf 10 L eingestellten Lösung von 250 g β-Naphtol, 400 cc. Natronlauge 22° Bé und 250 g Paraseife PN (gewonnen durch teilweise Neutralisation von Rizinusölsäuren mit Ammoniak). Zum Entwickeln dient eine Einrichtung, die aus einem Foulard besteht, der mit einem Trog für das Entwicklungs-

bad, mit einem Luftlauf, welcher der Ware Zeit zur Vollendung der Kupplung bietet, und einer Breitwaschmaschine besteht, in deren beiden ersten Kufen gespritzt und in deren weiteren Kufen mit Überlauf gewaschen wird.

Das Entwicklungsbad wird möglichst kurz angesetzt und durch Nachspeisen in dem Maße, wie ihm Flüssigkeit entzogen wird, auf gleicher Höhe gehalten. Das Entwicklungsbad hat folgende Zusammensetzung: 140 g Paranitranilin in 1200 cc. kochendem Wasser und 220 cc. Salzsäure 22° Bé lösen, unter gutem Rühren abkühlen, damit sich das Paranitranilin in feinverteilter Form ausscheidet, dann 1000 g Eis zusetzen und bei 0—2° C 260 cc. Nitritlösung (290 g im Liter) zufügen. Nach öfterem Umrühren die Lösung filtrieren, vor dem Gebrauch mit 300 g Natriumazetat versetzen und auf 10 L verdünnen. — Kräftiges Trocknen der Naphtolpräparation erhöht den Blaustich des Paranitranilinrots, in gleicher Richtung wirkt auch ein Zusatz von Soda zum Seifenbade und von geringen Mengen Magnesiumchlorid zur Appreturmasse.

In analoger Weise wird Bordeauxrot auf Naphtolgrundierung (aber ohne Paraseife) durch Entwicklung mit *a*-Naphtylamin, Blau mit Dianisidinsalz oder Azophorblau D unter Zusatz von Kupferchlorid erhalten. Die Zahl der in Vorschlag gebrachten und im Betrieb gebräuchlichen Verfahren ist überaus groß.

A. G. Green hat bereits 1887 gefunden (DRP. 47 102 und DRP. 50 525); daß Primulin, der durch Erhitzen von p-Toluidin mit Schwefel und Sulfieren erhaltene gelbe Farbstoff, mit Phenolen und Aminen die verschiedenartigsten Farben (Gelb, Orange, Rot, Bordeaux, Braun usw.) auf die Faser zu entwickeln vermag. Er nannte diese Farben „Ingrain" d. h. im Textilstoff entwickelte Farben. Ihre Lichtechtheit läßt viel zu wünschen übrig, doch ist Green das Verdienst zuzuschreiben, die besondere Aufmerksamkeit aller beteiligten Fachleute auf die Entwicklungsfarben hingelenkt zu haben.

8. Das Färben gemischter Gewebe: Die Stückfärberei bietet dem Textilindustriellen große Vorteile, von denen nur der eine betont sein möge, daß der Fabrikant ein größeres Lager von Stückware, die fertig zum Färben ist, bereit halten und einlaufende Aufträge sehr rasch erledigen kann. Das Färben von halbwollenen Stoffen, d. h. aus baumwollener Kette und wollenem Schuß, oder halbseidenen, d. h. aus baumwollener Kette und seidenem Schuß gewebter Stoffe oder von Gloria (Wollkette, Seideschuß) bietet in Anbetracht des verschiedenen Verhaltens dieser Textilfasern zu den Farb- und Hilfsstoffen besondere Schwierigkeiten. Der Färber muß das Verhalten der einzelnen Farbstoffe genau kennen und es verstehen, die geeignetste Temperatur, den angemessenen Zusatz an Säure oder anderen Hilfsstoffen anzuwenden, anderenfalls ist die erforderliche Gleichmäßigkeit (Egalität) und Echtheit der Färbung der verschiedenen Faserstoffe nicht zu erzielen.

Färben von Halbwolle (Baumwollkette, Wollschuß). Das früher vornehmlich benutzte Zweibadverfahren ist seit Einführung der substantiven Baumwollfarbstoffe, wie Kongo-, Oxamin-, Diamin-, Benzo-, Janus-, Duatolfarbstoffe, durch einfache und in vielen Fällen zu ausreichend echten Färbungen führende Einbadverfahren verdrängt worden. Das Zwei- und Mehrbadverfahren muß heute noch benutzt werden, wenn es sich um besonders lebhafte Färbungen handelt, für die geeignete substantive Farbstoffe nicht zur Verfügung stehen, oder wenn man auf Wolle und Baumwolle verschiedene Farben, d. h. eine Nachahmung von Webeffekten erzielen will. Nach dem Zweibadverfahren wird beispielsweise die Wolle mit Säurefarbstoffen vorgefärbt und dann im zweiten Bade die Baumwolle mit substantiven — oder in einzelnen Fällen nach vorherigem Beizen mit kalter Tanninlösung mit Tanninfarbstoffen — auf den gewünschten Ton gebracht. Zuweilen werden auch dunklere Farben in der Weise auf Halbwollstoff gefärbt, daß zuerst die Baumwolle mit ausreichend säureechten Farbstoffen gefärbt und dann die Wolle im sauren Bade überfärbt wird.

Das Einbadverfahren mit substantiven Baumwollfarbstoffen ist weit einfacher. Man färbt beispielsweise[36]) für dunkle Töne in möglichst kurzem Bade (25—30 fache Wassermenge vom Gewicht der Ware) unter Zusatz von 20—40 g krist. Glaubersalz auf 1 L Flotte, geht mit der Ware bei abgestelltem Dampf in das vorher aufgekochte Bad ein, läßt ohne Dampf 20 bis 30 min laufen, kocht ½ St. und mustert. Wenn Wolle und Baumwolle noch zu hell sind, kocht man nach Zusatz der erforderlichen Farbstoffmenge auf und läßt nochmals ¼—½ St. laufen. Ist nun die Wolle noch zu hell, so kocht man nach Zusatz eines vornehmlich auf Wolle ziehenden Farbstoffs, bis auch die Wolle genügend gedeckt ist. Ist die Wolle nur etwas zu hell, so läßt man auf erkaltendem Bade nachziehen, im Bedarfsfalle setzt man noch etwas vorwiegend auf Baumwolle ziehenden Farbstoff zu. — Für helle Farbtöne

geht man besser in das etwa 50° C warme Bad nach Zusatz von 5—10 g krist. Glaubersalz auf 1 L Flotte ein, treibt langsam zum Kochen, kocht 20—30 min und mustert. Ist nur die Baumwolle noch zu hell, so läßt man nach Zusatz des erforderlichen Baumwollfarbstoffs in erkaltendem Bade laufen. Ist die Wolle noch zu hell, so wird nach Zusatz des geeigneten Wollfarbstoffs nahe bei Siedetemperatur aufgefärbt. Nach dem Spülen der Ware empfiehlt sich schwaches Absäuern mit Essigsäure.

Halbseide (Baumwollkette, Seideschuß) wird in analoger Weise gefärbt. Auch hier werden mit Vorliebe substantive Baumwollfarbstoffe benutzt, doch werden für sehr lebhafte Farben Tanninfarbstoffe und zum Überfärben Säurefarbstoffe, für sehr lebhafte Farben Tanninfarbstoffe und zum Überfärben Säurefarbstoffe angewendet. — Orange wird beispielsweise in 1 St. bei 80—90° C gefärbt in einem Bade, welches im L 10 g Glaubersalz enthält, mit 3% Mikadoorange 2 R (Farbwerk Mülheim), und gegen Ende $^1/_5$% Essigsäure 8° Bé hinzugesetzt. Dann gut spülen und mit Essigsäure avivieren[23]). Pfaublau wird erhalten, indem die Ware in einem Bade grundiert wird, welches 4% Marseillerseife, ½% kalz. Soda und 4% Benzoreinblau (By) enthält. Nach sorgfältigem Spülen in einem mit Essigsäure versetzten Bade mit Capriblau GON (Farbwerke Mülheim) ausfärben. Spülen, avivieren.

9. Färben des Leders: Über die verschiedenen Arten des Leders s. d. Färben des lohgaren Leders. Die Häute werden einige Stunden durch Walken im Walkfaß — fetthaltige Häute unter Zusatz von etwa 2 g kalz. Soda zum Liter — gut gereinigt und erweicht. Das Färben wird in der Mulde oder auf dem Haspel, bei schweren Ledersorten durch Aufbürsten der Farblösung vorgenommen. Basische Farbstoffe wie Vesuvin, Philadelphiagelb, Fuchsin ziehen ohne weiteres auf. Säurefarbstoffe werden in schwach schwefelsaurem Bade, Phtaleinfarbstoffe wie Rhodamin, Eosin in essigsaurem Bade gefärbt.

Das Färben des Chromleders[24]) bietet keine Schwierigkeiten, doch muß das Leder zunächst noch mit Sumach oder Tannin vorgebeizt werden. Nach einer Vorschrift in der Kampfmeyerschen Gerberzeitung wird das Leder nacheinander mit Tonerde-, Zinn-, Chrom- und Eisenbeize behandelt und ist dann zum Färben mit den echten Alizarinfarben geeignet. — Gefärbt wird in der üblichen Weise. Nach dem Färben streicht man Leinöl auf, trocknet, nachdem das Öl eingezogen ist, das Leder und bügelt bei glatter Unterlage auf dem Narben mit heißem Bügeleisen. Nach einem Verfahren, welches Emil Koester für E. Avellis in Berlin durch amerikanisches Patent 591 769 vom 12. Oktober 1897 geschützt ist, wird das chromgare Leder zunächst mit 3 kg Kreide und 2 kg Kochsalz in etwa 1000 L Wasser in ¼ St. entsäuert, gut gespült und hierauf mit Sumach oder Tannin. und Brechweinstein bei 36° C im Walkfaß in etwa 8 min gebeizt. Nach dem Spülen sollen die Felle zum Färben mit allen Teerfarbstoffen gut geeignet sein.

Ein kombiniertes Färb- und Chromgerbverfahren hat sich im Betrieb gut bewährt. Nach dem Verfahren von W. F. Sykes (Amer. Pat. 622 563) werden die gereinigten Häute zunächst in die Lösung eines Schwefelfarbstoffes wie Vidalschwarz oder Thiokatechin eingebracht. Der Farbstoff wird von den Häuten aufgenommen, diese werden gespült, kommen in ein Chromsäure-, sodann in das Reduktionsbad, in dem zugleich mit der Gerbung eine echte Fixierung des Schwefelfarbstoffs stattfindet; auch andere Teerfarbstoffe lassen sich ohne weiteres auf dem so gefärbten Leder fixieren.

Dem DRP. 133 757 der Firma Lepetit, Dollfus und Gansser in Mailand liegt die Beobachtung zugrunde, daß es gelingt, durch geeignete Wahl von Farbstoffen und Chromoxydsalzlösung klare zum gleichzeitigen Färben und Gerben geeignete Lösungen herzustellen.

Alaungares Leder wird bei etwa 40° C, nachdem es durch Spülen vorbereitet ist, mit basischen Farbstoffen, oder in schwach schwefelsaurem Bade mit Säurefarbstoffen, in essigsaurem Bade mit Phtaleinfarbstoffen gefärbt.

10. Papierfärberei: In der Papierfärberei haben die Teerfarbstoffe die früher hauptsächlich verwendeten Mineralfarben fast völlig verdrängt. 1. Färben in der Masse, im Holländer. Die gut gelösten Farbstoffe werden in starker Verdünnung durch ein feines Sieb zugesetzt. Die Fixierung der basischen oder Säurefarbstoffe erfolgt durch die in der Masse vorhandene zum Leimen des Papiers dienende harzsaure Tonerde und auch durch die im Papierstoff ev. noch enthaltenen Ligninsubstanzen. Für ungeleimte oder nur schwach geleimte Papiere werden vornehmlich substantive oder leicht fixierbare basische Farbstoffe benutzt. Buntpapier, d. h. nur auf der Oberfläche gefärbte Papiere werden durch Aufbürsten von Farbstofflösungen gefärbt,

die mit Leim-, Dextrinlösung oder anderen Klebmitteln versetzt sind. Durch Zusatz von Wachsseife und nachträgliches Satinieren mit einer Glättwalze wird dem Papier Glanz verliehen. Ungeleimte Papiere werden durch einfaches Eintauchen in Farbstofflösungen in lebhaften Tönen gefärbt.

11. Das Färben von Stroh: Stroh wird nach mehrstündigem Kochen in Wasser unter Zusatz von 2 L Essigsäure auf 1000 L erweicht und in ¾ St. nach Zusatz von 5% Essigsäure lauwarm bis kochend, dann 1 St. kochend mit basischen Farbstoffen, oder in schwach schwefelsaurem Bade (etwa 2%) mit Säurefarbstoffen 4—5 St. kochend gefärbt. Spülen, schleudern und bei mäßiger Wärme trocknen. Zum Färben sollen die Bäder kurz und farbreich angesetzt werden.

Gräser, getrocknete Palmwedel u. dgl. werden nahezu bei Siedetemperatur unter Zusatz von 3% Essigsäure 8° Bé mit basischen Farbstoffen gefärbt, dann in verdünntes Glyzerin (1 : 10) eingelegt und kalt getrocknet.

Im Bedarfsfalle werden die Gräser vorher wie Baumwolle mit 5% Tannin und 2% Brechweinstein gebeizt.

12. Das Färben von Federn: Die Federn sind aus einer hornartigen Substanz aufgebaut, welche wie die Wolle die Eigenschaften eines Eiweißkörpers besitzt, doch enthalten die Federn erhebliche Mengen von Kieselsäure. Die Federn verhalten sich gegenüber Farbstoffen sehr ähnlich wie Wolle. Sie werden vornehmlich in kurzen saurem Bade mit Säure- oder Phtaleinfarbstoffen gefärbt, nachdem sie vorher in mild alkalischen Bädern bei 50° C am besten mit Ammoniak oder kohlensaurem Ammoniak gereinigt und im Bedarfsfalle mit Wasserstoffsuperoxyd gebleicht worden sind. Basische Farbstoffe wie Brillantgrün, Fuchsin werden im warmen Seifenbade unter Zusatz von 5% Essigsäure bei etwa 80° C gefärbt. Nach dem Färben erfolgt meistens Dämpfen und Trocknen in rotierenden mit Dampf heizbarer doppelwandiger Trommel.

13. Das Färben von Holz: Das Färben der Oberfläche des Holzes und von Holzfurnieren, wird durch — im Bedarfsfalle wiederholten Aufstrich heißer Lösungen von basischen, Säure- oder substantiven Farbstoffen — etwa 20 g im L — bewirkt. Bei der Auswahl der Farbstoffe ist auf deren Lichtechtheit besonderer Wert zu legen. Oft handelt es sich nur um ein Schönen und Nuancieren der mit Mineralsalzen wie Kaliumbichromat, Eisensalzen und Gerbstoffen bereits vorgefärbten Hölzer.

Um ganze Holzblöcke durchzufärben, wird die kalte Farbstofflösung einige Stunden in Druckkesseln mit hohem Druck bis zu 120 atm in das Holz eingepreßt. Holzstämme werden in der Weise durchgefärbt, daß man die Stämme an beiden Enden mit Metallkopfstücken abdichtet und dann mittels einer Pumpe die Farbstofflösung durchsaugt.

14. Zum Färben von Wachs, Zeresin, Stearin und Paraffin werden Benzinlösungen sog. Fettfarben, d. h. stearinsaurer Farbstoffbasen, hergestellt durch Verschmelzen der Basen mit Stearinsäure, verwendet. Dieselben Fettfarben, in Benzin gelöst, werden auch in der sog. Trockenfärberei zum Auffärben von Plüschen u. dgl. benutzt.

15. Färben von Hornknöpfen und Elfenbein: Geeignet sind besonders basische Farbstoffe, die bei etwa 60° C unter Zusatz von 5% Essigsäure 8° Bé in 4—5 St. aufgefärbt werden. Säurefarbstoffe sind weniger geeignet, da sie erst bei längerem Kochen genügend eindringen und dadurch die Hornsubstanz erweicht und geschädigt wird.

16. Zum Färben von Steinnußknöpfen, die vorher durch 1-stündiges Kochen mit Wasser und etwas Ammoniak gereinigt sind, eignen sich die substantiven Farbstoffe gut. Gefärbt wird kochend unter Zusatz von Soda und Glaubersalz in etwa 1 St. Lebhafte Farben werden meistens mit basischen und Phtaleinfarbstoffen unter Zusatz von 5% Essigsäure 8° Bé, 1½ St. kochend, erzielt.

17. Verschiedenes.

Gegenstände aus Galalith, dem aus Kasein und Formaldehyd gewonnenen Kunststoff (s. Plastische Massen), lassen sich mit substantiven Farbstoffen wie Steinnußknöpfe, oder nahezu bei Siedetemperatur mit Säurefarbstoffen färben.

Bakelit, der vielbenutzte Kunststoff, der durch Kondensation von Phenol und Formaldehyd erhalten wird und als Ersatz für Hartgummi, Bernstein, Horn u. dgl. dient, wird vielfach mit basischen Farbstoffen unter Zusatz von 5% Essigsäure 8° Bé in 1 St. kochend gefärbt.

Zelluloid wird während seiner Herstellung durch Zusatz von Teerfarbstoffen oder Mineralfarben gefärbt. Zum Färben fertiger Zelluloidgegenstände benutzt man am besten spritlösliche Teerfarbstoffe, wie Spritblau, Rhodamin, Safranin, Nigrosin spritl. Die Gegenstände nehmen aus der alkoholischen Lösung den Farbstoff rasch

auf. Nach dem Trocknen werden sie mit Fett abgerieben.

Spritlacke, Firnisse für Anstriche, zum Färben von Stanniol u. dgl. werden durch Auflösen spritlöslicher Farben erhalten, wie Sudanfarben, Auramin, Thioflavin T, Chrysoidin, Fuchsin, Rhodamin, Methylenblau, Spritblau, Brillantgrün, Tanninheliotrop, Nigrosin spritl., Janusschwarz.

Seifen: Die Teerfarbstoffe haben auch auf diesem Gebiet die früher ausschließlich gebräuchlichen Mineralfarben wie Ocker, Zinnober, Ultramarin, Chromoxydgrün nahezu verdrängt. Feine Toiletteseifen werden in Form von Spähnen unter Durchkneten zwischen Granitwalzen mit Lösungen geeigneter Farbstoffe wie Rhodamin, Ponceau, Patentblau gefärbt. Gewöhnliche Seifensorten werden mit möglichst alkalischen Farbstoffen gefärbt, indem man deren Lösungen der gesottenen noch flüssigen Seife zusetzt. Die Farben, welche zunächst oft stark oder ganz verblassen, kommen nach dem Erkalten der Seifenmasse in den meisten Fällen wieder zum Vorschein. Die Farbenfabriken haben geeignete Sortimente von Seifen — Grün, Braun, Rosa usw. — zusammengestellt.

18. Farbstoffe für Tinten, Hektographentinte u. dgl.: Geeignet sind leicht lösliche und möglichst lichtechte Farbstoffe, beispielsweise für Schwarz: Naphtolblauschwarz, Nerazin G (C), Kohlschwarz O, I und II (M), für Blau: Cyanol extra, für Rot: Rhodamin (B), Eosin extra, Brillantkoschenille 2 R, 4 R (C).

Anilintinte[25]) wird erhalten indem 5—20 g Farbstoff nebst 4—5 g Gummi arabicum in 1 L destilliertem Wasser gelöst und mit 5 cc. alkoholischer Salizylsäurelösung 1 : 10 versetzt werden. Durch Zusatz von 40—50 g Glyzerin wird die Tinte kopierfähig. Eine schwarze mit Wasser nicht abwischbare Tinte[25]):

Lösung 1. 250 g Tannin in 1 L, 250 g Kupfersulfat in 1 L, 350 cc. Essigsäure 6° Bé, 50 cc. Salzsäure 21° Bé mit destilliertem Wasser auf 10 L stellen.

Lösung 2. 225 g Naphtolschwarz L 115, 100 cc. alkoholische Salizylsäurelösung 1 : 10, mit Wasser auf 10 L stellen. — Beide Lösungen zusammenmischen.

Eisengallustinte (sog. Alizarintinte)[25]). 23,4 g Tannin, 7,7 g Gallussäure, 7,2 g Salzsäure 21° Bé, 30 g Gummi arabicum, 30 g Eisenvitriol, 1,5—2,5 g Anilinfarbstoff (Reinblau 34 oder Wasserblau RS mit geringem Zusatz von Cyanol extra, Säuregrün extra konz. und Naphtolblauschwarz), ½ g Salizylsäure, 937 g destilliertes Wasser. Tannin und Gallussäure werden in lauwarmem destilliertem Wasser, Gummi arabicum in kaltem destilliertem Wasser gelöst. Die erkalteten Lösungen werden gemischt, die Salzsäure, dann der in kalten destilliertem Wasser gelöste Eisenvitriol und zuletzt die Salizylsäurelösung zugesetzt. Die Lösung wird nach 4—5 tägigem Stehen bei Zimmertemperatur filtriert und der gelöste filtrierte Anilinfarbstoff zugesetzt.

Stempeltinte[25]) 10—15 g Farbstoff z. B. Kristallviolett 5BO werden gelöst in 60 g Glyzerin und 35 cc. destilliertem Wasser, in dem zuvor 25 g Gummi arabicum gelöst sind.

19. Färbungen für wissenschaftliche Zwecke.

Die Bakterienforschung verdankt viele wichtige Fortschritte der Färbung der Bakterien mit vornehmlich basischen Teerfarbstoffen wie Fuchsin, Bismarckbraun, Methylenblau, Methylviolett. Die Bakterien färben sich im Gegensatz zu den Gewebeteilen, Blut usw., in denen sie enthalten sind, intensiver und dauerhafter an und lassen sich deshalb gut erkennen und beobachten, außerdem lassen sich differenzierte Färbungen von Bakterien und Sporen (Dauerformen) herstellen. Ebenso haben die Anatomie, Physiologie, Pathologie der Pflanzen, Tiere und Menschen den Färbungen, die sich mittels Teerfarbstoffen erzielen lassen, wichtige Aufklärungen zu verdanken. Auch makroskopisch werden solche Färbungen vielfach zur Unterscheidung der Stoffe (Zellstoffe, Kunstseiden) und zur Entdeckung von Schäden (Oxyzellulose) benutzt.

20. Die Anwendung der Teerfarbstoffe zur Herstellung organischer Farblacke. Unter Farblacken versteht man in Wasser schwer oder nicht lösliche Verbindungen von Farbstoffen; je nach deren chemischer Natur werden sie hergestellt

1. durch Umsetzung der Farbstoffe mit Metallsalzen (Beizenfarbstoffe wie Alizarin),

2. durch Fällen der Farbstofflösungen mit Tannin (Fuchsin, Methylenblau usw.), wobei die schwerlöslichen Tannate der Farbbasen entstehen,

3. durch Fällen mit Bleisalzen werden aus den Lösungen der Phtaleinfarbstoffe wie Eosin, Rhodamin u. dgl. die schwerlöslichen Bleiverbindungen abgeschieden,

4. Azofarbstoffe bilden mit Barytsalzen schwerlösliche Barytverbindungen,

5. nicht oder schwach sulfierte in Wasser schwer lösliche Azofarben, ferner eine Anzahl von Küpenfarbstoffe eignen sich

vielfach unmittelbar zur Verwendung als Farblacke.

In allen Fällen werden die Farblacke, weil sie an sich zu farbkräftig sind, in Gegenwart von Tonerdehydrat, Barytweiß oder anderen weißen als Verdünnungsmittel und Grundlage dienenden Farbträgern sog. „Substraten" abgeschieden und im Bedarfsfalle noch mit solchen, auch mit gemahlenem Schwerspat, vermischt. Die Wahl des Farbträgers hängt ab von der besonderen Verwendung des Farblacks. Diese dienen mit Leinölfirnis angerieben zum lithographischen oder typographischem Druck, als Farbträger wird hier vorzugsweise Tonerdehydrat benutzt, welches sich für diese Zwecke besonders eignet. Mit Mohnöl, Nußöl oder anderen feinen trocknenden Ölen ev. unter Zusatz von Trockenmitteln angerieben bilden die Farblacke Ölfarben für Kunstmalerei, mit Leinölfirnis Anstrichfarben.

Kalkbeständige Farblacke werden mit Bindemitteln wie Leimbrühe versetzt zum Anstreichen von Wänden u. dgl. verwendet; als Farbträger werden in diesem Falle billige Mineralkörper wie Kaolin, Grünerde, Gips, Kreide oder Schwerspat gebraucht, aber auch Lithopon und Barytweiß. In erheblichem Umfange werden auch Farblacke in der Buntpapierfabrikation und im Tapetendruck, vereinzelt auch im Zeugdruck (mit Albumin- oder Kaseinverdikkung) angewendet.

Der Ersatz der natürlichen organischen Farblacke wie Karminlack, Krapplack, Blau-, Rot-, Gelbholzlack u. a. durch mindestens ebenso edle künstliche Farbstoffe ist in den meisten Fällen möglich, eine Ausnahme bilden u. a. die feinen Karminlacke, deren Nachahmung in derselben Schönheit und in allen ihren sonstigen Eigenschaften bis heute noch nicht gelungen ist. Leider werden auch viel lichtunechte Teerfarbstoffe, z. B. Fuchsin, Malachitgrün, Methylviolett zu Farblacken und beispielsweise in der Tapetenindustrie oder zu Anstrichen an Stelle echter Mineralfarben oder echter Lackfarben verarbeitet. Am Licht rasch verblassende Tapeten bekunden die geringe Gewissenhaftigkeit des betreffenden Fabrikanten und die Langmut und Gleichgültigkeit des Publikums, welches jenen nicht zur Rechenschaft zieht. Doch gibt es neuerdings Tapetensortimente, die allen Ansprüchen an Lichtechtheit genügen. Es sei nochmals betont, daß dem Lackfarbenfabrikanten eine große Reihe sehr lichtechter Teerfarbstoffe in allen Tönen zur Verfügung steht, um genügend echte Farblacke, die allerdings mehr kosten als die unechten, herzustellen.

Die Farbträger. Tonerdeteig wird durch Fällen von eisenfreien Aluminiumsulfat oder Alaun mit Soda oder Natriumbikarbonat, auch mit Natriumphosphat, Auswaschen in der Filtrierpresse und Einstellen auf einen bestimmten Trockengehalt von etwa 12% bereitet. Die Fällung erfolgt in der Kälte, da in der Wärme ein wenig deckkräftiges durchscheinendes Tonerdehydrat erhalten wird. Die physikalische Beschaffenheit des Tonerdeteigs ist für feine Farblacke von besonderer Bedeutung.

Satinweiß, Gips + Zinkkarbonat, dient vorzugsweise als Farbträger für Farblacke, die in der Buntpapier- und Tapetenfabrikation Verwendung finden. Satinweiß wird durch Umsetzung von Kreide und Zinksulfat gewonnen. Unter dem Namen Satinweiß wird übrigens auch ein durch Fällen von Tonerdesulfat mit Kalkmilch gewonnenes Gemisch von Tonerdehydrat und Gips verstanden.

Barytweiß (Blanc fix), aus Baryumsalzen mit Schwefelsäure gefällt, ist weit deckkräftiger, als der feinst gemahlene Schwerspat. Es dient allein oder als Zusatz zu anderen Farbträgern als Grundlage für Anstrichfarben u. dgl. Für litho- und typographische Zwecke ist es ungeeignet, das Gleiche gilt von Kreide und Gips.

Die Bereitung der Farblacke durch einfache Fällung auf die weiße Grundlage erfolgt der Regel nach in folgender Weise:

Die berechnete Menge — auf 2 kg Farbstoff beispielsweise 50 kg — Tonerdeteig 12%ig wird mit Wasser und der Farbstofflösung angerührt und die Mischung durch ein sehr feines Sieb in den Fällbottich gegeben. Dann wird unter Umrühren die zum Fällen erforderliche Lösung von z. B. 6 kg Bleiazetat für 3 kg Eosin zugegossen. Falls eine entnommene, filtrierte und getrocknete Probe gezeigt hat, daß der Farblack musterentsprechend ist, wird die Partie in die Filterpresse gepumpt (ev. auf baumwollene Filtrierbeutel gebracht), ausgewaschen und bei gelinder Wärme getrocknet. Durch Fällen von Eosin auf Mennige wird eine Nachahmung des Zinnobers hergestellt, die diesem an Echtheit natürlich weit nachsteht. Durch Fällen auf Tonerdehydrat werden mit Eosin, Erythrosin u. dgl. sehr leuchtende aber lichtunechte Farblacke gewonnen.

Die Farblacke aus basischen Farbstoffen wie Auramin, Vesuvin, Fuchsin, Malachitgrün werden hergestellt durch auf Tonerdehydrat mit Tannin (etwa 1 kg und ½ kg Brechweinstein auf 1 kg Farbstoff). Solche Farblacke sollten nur in solchen Fällen Verwendung finden, wo an Lichtechtheit nur bescheidene Anforderungen gestellt

werden können, beispielsweise zum Druck von Plakaten u. dgl. von ephemerer Bedeutung. Eine Ausnahme hiervon bilden die auf Grünerde gefällten Lacke von Malachitgrün und Auramin, die eine bessere Lichtechtheit besitzen. Azofarbstoffe wie Orange R, Ponceau, Koschenillescharlach werden in analoger Weise durch Fällung mit Bariumchlorid (etwa 1 kg auf 1 kg Farbstoff) auf Tonerdehydrat in orange- bzw. scharlachfarbene Farblacke übergeführt. Diese zeichnen sich durch Lichtechtheit und vor Eosin- und ähnlichen Farblacken durch den Vorzug aus, daß die Drucke lackiert werden können mit Spritlacken, weil die Farblacke in diesem unlöslich sind. Diese Farblacke werden im Stein- und Kunstdruck in großem Umfange angewendet. Das Gleiche gilt von den in Wasser schwerlöslichen Azofarbstoffen, die mit Tonerdehydrat abgeschwächt beispielsweise unter dem Namen Litholrot R (B) im Handel sind. Eine Reihe solcher unlöslicher Azofarben werden unter den Namen Pigmentchromgelb L (M), Lackrot P, Lackbordeaux B (M) usw. geliefert. Unlösliche Azofarblacke werden auch in derselben Weise wie das Paranitranilinrot in der Baumwollfärberei aus den Komponenten auf dem Farbträger gekuppelt.

Die Herstellung der durch hervorragende Echtheit ausgezeichneten Alizarinfarblacke, der künstlichen Krapplacke, erfordert besondere Sorgfalt. Es sind dabei ähnliche Bedingungen einzuhalten, wie sie bei der Türkischrotfärberei beschrieben sind; reine eisenfreie Hilfsstoffe und Gefäße; zur Bildung schöner echter Farblacke sind Türkischrotöl und Kalksalze und die allmähliche Steigerung der Temperatur erforderlich.

21. Die Anwendung der Teerfarbstoffe im Zeugdruck: Der Zeugdruck ermöglicht in schneller und einfacher Produktion buntfarbige Wirkungen auf Textilstoffen zu erzielen, welche die durch Verweben verschiedenfarbiger Fäden auf weit umständlicheren und kostspieligeren Wege erhältlichen Wirkungen nachahmen, in vielen Fällen sogar weit übertreffen. Der hohe Aufschwung des Zeugdruckes, die Erzeugung von in Schönheit und Echtheit kaum noch zu überbietender Drucke auf Kattun, Seide- und Wollgeweben ging Hand in Hand mit den Fortschritten der deutschen Teerfarbenindustrie. Diese hielt dauernde enge Fühlung mit den Koloristen und es gelang ihr stets früher oder später deren Anforderungen zu entsprechen und neue oder verbesserte Farbstoffe sowie gründlich erprobte Verfahren zu ihrem Gebrauch zu liefern.

Drei Methoden sind es, die der Kolorist vornehmlich benutzt, der direkte Aufdruck des Farbstoffs, der mit den geeigneten Mitteln zu seiner Entwicklung und Befestigung verdickt ist, dann der Aufdruck von Reserven, die an bestimmten Stellen die Entwicklung der nachher überfärbten oder überdruckten Farben verhüten und schließlich der Aufdruck von Ätzen, die entweder die zur späteren Entwicklung der Farbe dienende Beize oder den bereits fixierten Farbstoff stellenweise zerstören. In den beiden letzten Fällen können auch den Reserven und Ätzen andere gegen deren Wirkung unempfindliche Farbstoffe zugefügt werden. Neben der Grundfarbe werden so weiße und bunte Musterungen erzielt. Durch sachgemäße geschickte Vereinigung dieser drei Verfahrensweisen und durch Auswahl der geeignetsten Farbstoffe vermag der Kolorist weitgehenden Anforderungen, die an Schönheit und Echtheit der Druckmuster gestellt werden, gerecht zu werden.

Die ersten Anfänge des Zeugdrucks liegen in vorgeschichtlicher Zeit. Zufällige Beobachtungen dürften auch seiner Erfindung zugrunde liegen. Schon die alten Ägypter haben es verstanden, ein Gewebe mit einem Farbstoff in mehreren Farben zu färben, indem sie verschiedenartige Beizen auf das Gewebe aufbrachten. Die uralte javanische Batikfärberei bediente sich bereits des Schutzpapps oder der Reserve, indem die Stellen des Gewebes, welche keine Farbflotte aufnehmen sollten, durch in Musterung aufgebrachtes Harz oder Wachs gegen die Farblösung unempfänglich gemacht wurden. Statt die Muster mit der Hand aufzumalen ging man dann dazu über, die mit dem Kleb- und Befestigungsmittel verdickte Farblösung mittels Holz- und später auch mit Metallmodeln auf das glatt ausgespannte Gewebe aufzudrucken. In Deutschland wurden solche Drucke im 14. Jahrhundert für billige Stoffe benutzt. Die Übertragung der Methode auf Papier begründete die Kunst des Holzschnitts. Die 1834 von Perrot in Rouen erfundene Maschine, die „Perrotine“ ermöglichte den maschinellen Aufdruck großer Druckformen der sog. Model. Die u. a. von C. Hummel in Berlin gebauten Maschinen gestatteten mehrfarbigen Druck. Der Hand- und Perrotinedruck wurde vornehmlich für einfache gemusterte Ware, beispielsweise sog. Druckkattun benutzt, wo es sich um das Auftragen energisch wirkender Indigoreserven usw. handelt. Dafür wird er auch heute noch benutzt.

Der Handdruck wurde im übrigen nahezu vollständig verdrängt durch die Walzen- oder Rouleau-Druckmaschine. Diese ist nach J. Depierre[26]) bereits Ende des 17. Jahrhunderts bekannt gewesen. Andreas Glorez aus Mähren beschrieb eine Druckmaschine mit drei Walzen, deren eine erhaben graviert ist; sie erhält von der zweiten, mit Filz überzogenen Walze die Druckfarbe. Auf die dritte Walze ist der zu bedruckende Stoff aufgerollt. Die Einführung vertieft gravierter Walzen, wie sie heute noch im Gebrauch sind, durch den Schotten Bell im Jahre 1770 war eine wesentliche Verbesserung der Walzendruckmaschine, die heute in mustergültiger Ausführung von verschiedenen Maschinenfabriken gebaut werden. Man baute zuletzt sehr große Maschinen mit 18 selbst 24 Walzen; doch sind solche heute kaum noch im Gebrauch, nachdem es gelungen ist, durch Anwendung verschieden tiefer Gravüre einer Walze feine Abtönungen zu erzielen, die früher nur durch Überdrucken mit mehreren Walzen zu erhalten waren.

Die Einrichtung und den Gebrauch einer sechswalzigen Druckmaschine veranschaulicht der beigefügte schematische Schnitt Abb. 3[27]). Über den Druckzylinder a, der mit dem sog. Lapping d, einem dicken Stoff umwickelt ist, läuft das Gummituch e (mit den Spannrollen f), der Mitläufer g, der das Gummituch vor Beschmutzung durch Farbe schützt und der zu bedruckende Stoff h. Die Gravüre der Druckwalzen b wird von den im Farbkasten c laufenden, mit Filztuch überzogenen Walzen mit Farbe beschickt, alle übrigen Stellen der Walze werden durch das Abstreichmesser, die Rackel vollständig von Farbe gereinigt. Jede Druckmaschine wird durch einen eigenen Motor angetrieben.

Zur Verdickung der Lösung der Farb- und Hilfsstoffe wird der Druckfarbe ein zugleich als Kleb- und Verdickungsmittel wirkender Stoff zugesetzt. Meist benutzt sind solche aus Stärkekleister, Tragant, Dextrin und andere, durch Rösten von Stärkemehl oder Einwirkung von Schwefelsäure auf dasselbe gewonnene lösliche gummiartige Produkte. Die Verdickungsmittel verhindern das Auslaufen der Farb- und Hilfsstoffe über die Konturen des Musters und ein zu tiefes Eindringen in das Gewebe. Letztere Eigenschaft kommt in Betracht, wenn es sich darum handelt, Stoffe in ihrer ganzen Fläche einfarbig nur auf einer Seite zu bedrucken, um auf diese Weise die Anwendung besonderer Futterstoffe zu ersparen. Den Verdickungsmitteln werden häufig Säuren wie Essigsäure, Ameisensäure zugesetzt, welche als gute Lösungsmittel für Farbstoffe wirken.

Das einfachste Verfahren zur Befestigung von unlöslichen Farbkörpern, Mineralfarben und Farblacken im Zeugdruck beruht auf der Benutzung von Eiweiß (auch ammoniakalischer Kaseinlösung), mit welchem verdickt die Farbe aufgedruckt und durch das beim Dämpfen erfolgende Gerinnen des Eiweißes befestigt wird. (Tafel- oder Applikationsdruck.)

Neben dem schon kurz erwähnten Reserveverfahren wird im Zeugdruck in weitem Umfang die Ätzmethode benutzt. Während bei dem Reservieren ein

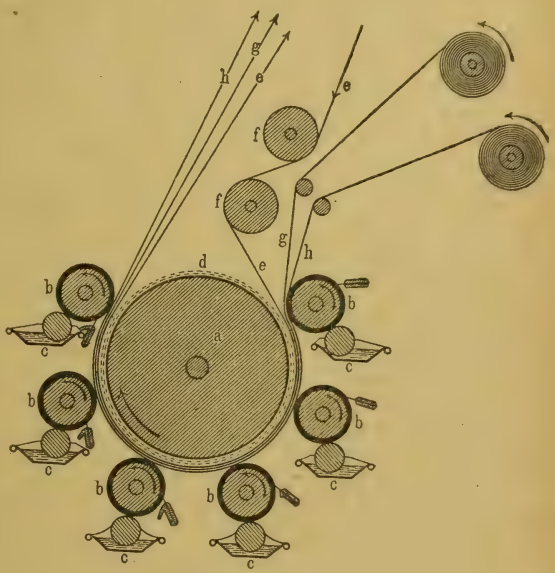


Abb. 3.

sog. Schutzpapp Verwendung findet, der das Eindringen der Farblösung verhindert und oft auch einen die Entwicklung der Farbe beeinträchtigenden Stoff enthält, wird bei dem Ätzverfahren auf den bereits gefärbten Stoff eine Verdickung aufgedruckt, welche die Farbe stellenweise zerstört, wegätzt. So wird Indigblau durch Aufdruck einer Natriumbichromat, Ammoniak und Stärkeverdickung enthaltenden Ätze und nachträgliche Behandlung in einem Bade aus Schwefelsäure und Oxalsäure durch die freiwerdende Chromsäure weiß geätzt. Setzt man der Ätze Farben zu, die gegen Chromsäure beständig sind wie Berlinerblau oder Chromgelb oder Mischungen dieser beiden, so erhält man blaue, gelbe und grüne Muster.

Eine heute nur in geringem Umfange benutzte Methode besteht in dem Auf-

druck von Metallsalz-Beizen auf weißen oder vorgefärbten Stoff und nachheriges Färben in einem Beizenfarbstoff wie Alizarin. Der Farblack entwickelt sich nur an den gebeizten Stellen (Kesselfarben, Krappdruck). Umgekehrt wird auch der vollständig mit einer Tonerde- oder Chrombeize gebeizte Stoff durch Aufdruck einer Zitronensäure oder dgl. enthaltenden Ätze stellenweise von der Beize befreit. Diese Stellen bleiben bei dem Färben mit Alizarin u. dgl. ungefärbt.

Die Dampfdruckfarben spielen im heutigen Zeugdruck die wichtigste Rolle, weil sie die Anwendung der echten Farbstoffe Alizarin, Coerulein, Alizarinblau, Alizarincyanin, Anthracenbraun usw. umfassen. Die Methode, den Farbstoff mit einer erst in der Wärme den echten Farblack bildenden Beize wie Chrom- oder Eisenazetat aufzudrucken, war bereits für die Druckerei von Blauholz, Gelbholz und anderen Pflanzenfarbstoffen üblich.

Aufdruck basischer Farbstoffe auf Baumwolle- oder Leinenstoffe: Beispiel[28]): Druckfarbe (1 kg):

20 g Methylenblau gelöst in
70 g Essigsäure 6° Bé,
158 g Wasser,
20 g Azetin,
600 g Weizenstärke-Verdickung,
30 g Glyzerin,
2 g Weinsäure,
100 g essigsaure Tanninlösung 1 : 1.

Weizenstärke-Verdickung (10 kg):

1200 g Weizenstärke,
6000 g Wasser,
1800 g Tragant 60 : 1000,
1000 g Essigsäure 6° Bé,

kochen, dann abkühlen.

Der Zusatz der Essigsäure und des Azetins erhöht die Löslichkeit der Farbstoffe und verhütet eine zu rasche Bildung des Tanninfarblackes. Azetin spaltet außerdem bei der Erwärmung Glyzerin ab, welches hygroskopisch wirkt. Nach dem Aufdrucken und Trocknen erfolgt etwa einstündiges Dämpfen ohne Druck, wodurch der Tanninfarblack entwickelt wird. Zur Erhöhung seiner Echtheit wird durch ein 50° C warmes Bad von Brechweinstein oder einem anderen Antimonsalz gezogen, geseift und gut gespült. In analoger Weise werden alle übrigen basischen Teerfarbstoffe aufgedruckt. — Die in Wasser unlöslichen sehr echten Induline werden durch Zusatz der 3—4 fachen Menge Azetin in Lösung gebracht.

Tanninätzartikel. Durch Ätzen von mit Tanninlösung geklotztem und getrocknetem Stoff mittels verdickter Natronlauge und Natriumbisulfitlösung wird die Tanninbeize stellenweise entfernt, so daß bei nachherigem Ausfärben mit basischen Farbstoffen diese Stellen nicht oder nur ganz schwach angefärbt werden. Durch Seifen nötigenfalls Chloren wird weiße Musterung auf buntem Grund erzielt.

Mit neutralen Sulfiten lassen sich verschieden aufgefärbte neutrale Farbstoffe, wie Fuchsin, Methylengrau, Methylenblau, Brillantgrün weiß ätzen. Beispielsweise wird eine Ätze aus 500 g Kaliumsulfit 45° Bé, 300 g Dextrin, 200 cc. Wasser auf den gefärbten Stoff aufgedruckt, dann 3 min im Mather-Platt gedämpft, geseift und gechlort.

Im Wolldruck werden basische Farbstoffe verhältnismäßig wenig benutzt. Sie werden auf vorher gechlorten Stoff gedruckt, worauf die Farben weit lebhafter werden, indem man mit Dextrin verdickt unter Zusatz von Essigsäure oder Weinsäure und essigsaurer Tanninlösung (1 : 1). Nach dem Drucken wird eine Stunde ohne Überdruck gedämpft, durch eine kalte Brechweinsteinlösung gezogen und gewaschen. — Vorsicht ist beim Chloren angezeigt, weil die Wolle sonst angegriffen und gelb wird. Folgende Vorschrift ist bewährt: Die Stücke werden geklotzt in kalter verdünnter Chlorkalklösung, hergestellt aus 10 L Chlorkalklösung 5° Bé und 100 L Wasser, hierauf wird durch Salzsäure 1° Bé gezogen, gründlich gespült und getrocknet.

Halbwolle wird in derselben Weise vorgechlort und bedruckt.

Seide und Halbseide werden in analoger Art mit basischen Farbstoffen bedruckt, doch benutzt man als Verdickung Gummilösung 1:1. Auch hat das Chloren der Stoffe zu unterbleiben.

Drucken von Säurefarbstoffen.

Für den Baumwolldruck kommen die eigentlichen Säurefarbstoffe nicht in Frage, dagegen werden die Phtalein-Farbstoffe, wie Eosin, Rose bengale, Rhodamin verwendet. Die Druckfarbe enthält neben dem in Essigsäure und Wasser gelösten Farbstoff und der Verdickung essigsaure Tanninlösung 1:1. — Nach einstündigem Dämpfen ohne Druck wird durch Brechweinstein gezogen, leicht geseift, gespült und getrocknet.

Im Wolldruck werden für Strickware, Garn und Kammzug (Vigoureuxdruck) die Säurefarbstoffe auf gechlorten Stoff in ausgedehntem Maße benutzt. Häufig werden zur Erhöhung der Lebhaftigkeit der Farbe die Stücke vor dem Chloren mit einer 4° Bé starken Lösung von Natriumstannat getränkt.

Auf 1 kg Druckfarbe kommen durchschnittlich 25—30 g Farbstoff, 300 g

lichtgebrannte Stärke oder Dextrin u. dgl., 600 cc Wasser und 70 cc Essigsäure 8° Bé. Nach dem Aufdrucken etwa 1 St. ohne Überdruck dämpfen, leicht seifen, spülen und trocknen.

Die mit Azofarbstoffen hergestellten Wollfärbungen werden gewöhnlich mit Zinnsalz geätzt. Die Ätze enthält etwa 200 g Zinnsalz auf 1 kg Druckfarbe, zu deren Verdickung Gummiwasser 1 : 1 dient. Für Buntätzen werden lebhafte Farbstoffe benutzt, die durch Zinnsalz nicht zerstört werden.

Seide- und Halbseidestoffe werden mit Säurefarbstoffen in analoger Weise wie Wollstoffe bedruckt. Die Stoffe werden aber nicht gechlort und als Verdickungsmittel wird gewöhnlich Gummiwasser 1 : 1 gewählt.

Die Anwendung der substantiven Farbstoffe im Zeugdruck. Die substantiven Farbstoffe lassen sich zwar unter Zusatz von etwa 20 g Natriumphosphat für 1 kg Druckfarbe fixieren, doch werden sie so nur wenig, dagegen im Ätzdruck und als Klotzfarben, da die meisten substantiven Farbstoffe sich leicht z. B. mit Zinnsalz ätzen lassen, in ausgedehntem Maße verwendet.

Wolle wird beispielsweise bedruckt mit Benzopurpurin 4 B oder Chrysophenin unter Anwendung von Dextrinverdickung ohne weiteren Zusatz mit nachfolgendem einstündigem Dämpfen ohne Druck und Seifen.

Die Beizenfarbstoffe im Zeugdruck. Die Anwendung der Beizenfarbstoffe beruht auf ihrer Eigenschaft, mit Metallverbindungen, im besonderen den Sauerstoffverbindungen des Aluminiums, Chroms und Eisens, echte, in Wasser, Seife und verdünnten Alkalien un- oder schwerlösliche Verbindungen, sog. Farblacke, zu bilden. Man verwertet dieses Verhalten, welches bereits im Abschnitt „Färberei" näher erörtert wurde, im Zeugdruck vornehmlich zu zwei verschiedenen Druckmethoden. Nach der ersten Methode wird die Beize, z. B. essigsaure Tonerde oder essigsaures Chrom auf den gut gereinigten Stoff aufgedruckt, durch Oxydation in feuchtwarmer Luft fixiert, durch nachfolgendes Degummieren vom Verdickungsmittel befreit und hierauf der Beizenfarbstoff aufgefärbt, der nur an den gebeizten Stellen fixiert wird. Dem Färbebade werden öfters Zusätze von Tannin, Leim u. dgl. gegeben, welche das Anfallen des Farbstoffs an die nicht gebeizten Stellen verhüten oder sehr vermindern. Im übrigen werden diese Stellen durch nachheriges Seifen und Chloren gereinigt. Bei Alizarin, Alizarinorange wird dem Färbebade Türkischrotöl zugesetzt, wodurch die Farblacke erheblich an Schönheit gewinnen.

Nach der zweiten Methode, die in weitestem Umfange benutzt wird, wird der Farbstoff mit der zugehörigen Beize und Verdickung aufgedruckt und der Farblack durch Dämpfen entwickelt. Alizarin oder Alizarinorange werden auf mit Türkischrotöl vorgeölten Stoff gedruckt. Einige Vorschriften für verschiedene Beizenfarbstoffe mögen als Beispiele folgen.

Dampf-Alizarinrot im Kattundruck. Gewebe aus Leinen-, Nessel- oder Papiergarn werden ebenso bedruckt.

1 kg Druckfarbe:
630 g Stärkeverdickung,
150 „ Alizarin I extra 20% (By),
100 „ Rhodanaluminium 12° Bé,
75 „ Kalziumazetat 15° Bé,
25 „ Olivenöl und
20 „ Zinnoxalat.

Auf geölten Stoff drucken, 1 St. bei ½ atm dämpfen, kreiden, malzen und ½ St. bei 75° C seifen. Durch Zusatz von Zinnsalz-Soda wird der Farbton gelblicher und lebhafter. Durch Benutzung von Chrombeize wird mit demselben Farbstoff und derselben Nachbehandlung — unter Weglassung der Zinnsalze — bräunliches Bordeaux erhalten.

1 kg Druckfarbe:
720 g Stärkeverdickung,
100 „ Alizarin 20%,
90 „ Chromazetat 20° Bé,
40 „ Kalziumazetat 15° Bé,
50 „ Essigsäure.

Mit Eisenbeize wird Dampfalizarinviolett erzielt.

1 kg Druckfarbe:
730 g Stärkeverdickung,
90 „ Alizarin 20%,
75 „ holzessigsaures Eisen 12° Bé,
45 „ Kalziumazetat 15° Bé,
60 „ Essigsäure.

Es wird auf ungeölten Stoff gedruckt, Behandlung im übrigen wie bei Dampfrot.

Das vielfach ausgeübte Ätzen von Alizarinrot (Türkischrot) wird bewirkt durch Aufdruck von Säuren wie Weinsäure, Arsensäure und Durchnahme durch Chlorkalklösung, wobei der Farblack zerstört wird, oder auch durch Aufdruck von Ätznatron und Dämpfen, wobei der Farblack unter Bildung von Alizarinnatrium, Tonerdenatron, ölsaurem Natrium usw. in Lösung geht.

Alizarinblau wird auf ungeölten Baumwollstoff gedruckt.
Druckfarbe:

220 g Alizarinblau Teig (M),
100 cc. Wasser,
5 „ Ammoniumbisulfit 35° Bé

werden 1 Tag bis zur völligen Löslichkeit des Farbstoffs in Wasser stehen gelassen, sodann werden 50 cc. heißes Wasser hinzugefügt und wird mit neutraler Stärkeverdickung auf 1 kg eingestellt. Vor dem Druck kommen noch 70 cc. essigsaures Chrom hinzu; 1 St. bei ½ atm dämpfen, seifen. In analoger Weise werden alle übrigen Beizenfarbstoffe angewendet; genaue Einzelvorschriften bieten die Veröffentlichungen der Fabrikanten der Farbstoffe.

Beizenfarbstoffe im Seidendruck.

Beispiel 1. Chrombeize.
150 g Alizarinblau S i. Tg.,
150 „ Wasser,
500 „ Dextrin 1:1,
30 „ Glyzerin,
20 „ Weinsäure,
150 „ Chromazetat 20° Bé.

Beispiel 2. Tonerdebeize.
40 g Alizarin WS. i. Pulver. (M.),
630 „ Wasser,
250 „ Dextrin i. Pulver.,
65 „ eisenfreies Aluminiumsulfat,
20 „ Weinsäure.

Nach dem Druck 1 St. feucht dämpfen, leicht seifen, spülen.

Beizenfarbstoffe im Wolldruck.

Beispiel 1. Chrombeize.
50 g Coerulein S. i. Pulver. (M.),
330 „ Wasser,
500 „ Dextrin 1 : 1,
80 „ Chromazetat 20° Bé,
20 „ Glyzerin,
20 „ Oxalsäure.

Nach dem Druck auf gechlortem Stoff 1 St. feucht dämpfen, leicht seifen, spülen.

Beispiel 2. Chrombeize.
30 g Tuchrot B (By),
300 „ Dextrin und
560 „ Wasser kochen, hierzu
50 „ Ammoniak spez. Gew. 0,950 u. nach dem Erkalten
60 „ Chromazetat 20° Bé.

1 St. ohne Druck dämpfen und waschen.

Beispiel 3. Tonerdebeize.
150 g Alizaringranat i. Tg.
160 „ Wasser,
30 „ Glyzerin,
600 „ Dextrin 1:1,
20 „ Weinsäure,
40 „ Aluminiumsulfat

1 St. ohne Druck dämpfen und waschen.

Reservieren von Beizenfarbstoffen. Die aufgedruckten Reserven enthalten organische Säuren wie Zitronensäure, Weinsäure, welche die Entwicklung der überdruckten Beizenfarblacke an der Überfallstelle dadurch verhindern, daß sie die als Beize dienenden Metallsalze in Lösung halten.

Beispiel. Weißreserve.
30 g Dextrin i. Pulver,
600 „ Wasser,
30 „ Zitronensäure,
50 „ Pfeifenton (Chinaclay),
20 „ Natriumzitrat 28° Bé.

Die Reserve wird auf geölten Stoff gedruckt, beispielsweise mit Dampfalizarinrosa und Dampfalizarinviolett überdruckt. Nach 1stündigem Dämpfen ohne Druck wird gekreidet, geseift und gespült (M.)

Ätzen von Beizenfarbstoffen. Türkischrot-Ätzen. Geätzt wird entweder die Tonerdebeize oder der fertig gebildete Farblack. Henri Schmid[29]) klotzt z. B. die Ware mit Alizarin und Beize, trocknet und bedruckt mit einer Mischung von Tanninfarbe und Ammoniumzitrat. Die Rotbeize darf nicht stärker als 3° Bé sein, um sich gut ätzen zu lassen; sie wird im Mather-Platt fixiert, dann wird gekuhkotet und gekreidet. Geeignete Tanninfarbstoffe sind u. a. Nilblau und Thioflavin T. Gefärbt wird mit Alizarin unter Zusatz von Türkischrotöl, Kalziumazetat und Leim oder Blutalbumin und das Weiß durch Kleienbäder gereinigt. Auf entwickeltem Türkischrot können nach verschiedenen Verfahren weiße oder bunte Ätzeffekte erzielt werden. Nach dem von D. Koechlin verbesserten Chlorkalkverfahren wird organische Säure aufgedruckt, welche im nachfolgenden konzentrierten Chlorkalkbade den Tonerdelack lokal ätzt. Blau, Gelb und Grün wird mit Berlinerblau und Chromgelb, Schwarz durch Überdruck von Rot mit Berlinerblau erzielt. In Rußland wird statt der organischen Säure auch Arsensäure benutzt.

Weit verbreiteter ist die kaustische Türkischrotätze nach dem von Schlieper & Baum ursprünglich zur Erzeugung von Weiß und Indigblau erfundenen Verfahren. Nach diesem besonders in Rußland ausgebildeten Verfahren gelingt es die echtesten Farben, Türkischrot, Indigo, Chromgelb und Anilinschwarz zu vereinigen und sehr farbenprächtige Muster zu erzeugen. (Genaue Vorschriften für weiße und bunte Ätzen auf Türkischrot s. [30]). Die Ätzfarben enthalten etwa 30% Natronlauge.

Mittels einer Oxydationsätze lassen sich auch die entwickelten Alizarinfarblacke, bereits gedämpfte Alizarindampfklotzfarben, ätzen. Die Ätze enthält beispielsweise 155 g Natriumchlorat, 365 g Stärke-

tragantverdickung, 45 g Olivenöl, 180 g Weinsäure, 45 g Zitronensäure, 120 g Wasser, 75 g Dextrinverdickung. Warm lösen, mischen, 75 g Ferrizyankalium kurz vor dem Gebrauch zusetzen. Nach dem Trocknen wird 5 min im Schnelldämpfer gedämpft, gewaschen und geseift.

Die Anwendung des Indigo und der anderen Küpenfarbstoffe im Zeugdruck. Wegen seiner hohen Echtheit hat der Indigo von jeher die besondere Beachtung der Färber und Koloristen gefunden. Von den zahllosen Vorschriften zu seiner Anwendung im Zeugdruck mögen einige der vornehmlich auch heute noch benutzten angeführt sein. An sich liegen allen Verfahren nur wenige miteinander kombinierbare Methoden zugrunde.

1. Aufdruck deckender Pigmente auf vorgeblaute Ware.

a) Bronzefarben, meistens mit Firnis, am besten in Mischung mit Albumin aufgedruckt.

b) Ölfarben, z. B. Zinnober mit Leinölfirnis aufgedruckt.

2. Aufdruck solcher Stoffe auf das ungefärbte Gewebe, welche beim Blauen in der Küpe die Farbtiefe an den belichtenden Stellen verstärken.

a) Aufdruck oxydierender Stoffe, Metallsalze und Schwefel.

b) Aufdruck mercerisierender Stoffe, verdickte Natronlauge von 30—40° Bé.

3. Fixierung des Farbstoffs durch Sublimation. Verfahren von Dr. W. Elbers, Hagen; erloschene DRP. 101190 und 106708. Durch Aufdruck fein verteilten Indigos unter Zusatz von Olivenöl oder einem anderen pflanzlichen oder tierischen Öl und längeres Dämpfen am besten unter Druck wird sehr echtes Blaugrau erzielt. — Das Verfahren eignet sich auch zum Bedrucken von Seide und Wolle; Dämpfen ohne Druck.

4. Direkter Aufdruck von Indigo mit nachfolgender Reduktion auf der Faser.

a) Fayenceblaudruck. Aufdruck von Indigo unter Zusatz von Eisenvitriol oder Auripigment, Einbringen in Alkalilösung, worin der Indigo reduziert wird und die bedruckten Stellen anfärbt.

b) Schliepers Verfahren und seine Abänderungen: Reduktion durch Glykose oder Maltose, Dextrin im Dampf.

c) Rongalit-Verfahren. Reduktion durch Formaldehyd-Sulfoxylate.

5. Erzeugung von Indigo auf der Faser aus Indoxyl, Propiolsäure (o-Nitrophenylpropiolsäure), Indigosalz (K.) = Bisulfitverbindung des o-Nitrophenylmilchsäureketons, Formaldehyd-Indigoweiß u. a. — Die Verfahren werden kaum noch benutzt.

6. Ätzdruck. Zerstörung des Indigos durch Chromatätze oder durch Chlorat- und Bromatätze. —

N tratätze Freibergers (Salpeter mit nachfolgendem Schwefelsäurebad; vom Verfasser ausführlich beschrieben[31]).

7. Reservedruck.

a) Rein mechanische Reserve durch Unterbinden; Batikdruck, Wachsreserve, japanische Schablonenmethode.

b) Chemisch und mechanisch wirkende Reserven mit sauren und oxydierenden Salzen neben indifferenten Stoffen (Blaudruckverfahren im engeren Sinne).

Blaudruckverfahren nach Adolf Schlieper (1870). Das Gewebe wird mit Traubenzuckerlösung von 4—8° Bé geklotzt, getrocknet, dann mit alkalischer Indigofarbe bedruckt, wieder getrocknet, gedämpft, vergrünt und gespült.

Durch die Trennung des Reduktionsmittels von dem Farbstoff wird dessen vorzeitige Reduktion verhütet und durch genügende Konzentration des Alkalis die für die gute Entwicklung des Indigoblaus erforderliche Mercerisation der Faser erreicht. Das ausgezeichnete Verfahren ist seit 1870 in der Druckerei von Schlieper & Baum in Elberfeld in regelmäßigem Gebrauch[32]).

Aufdruck von Indigo mit Rongalit C (B) (Formaldehydsulfoxylat). Formaldehydsulfoxylat reduziert Indigo in der Wärme sofort und ohne Verlust zu Indigweiß, dagegen erfolgt die Reduktion bei gewöhnlicher Temperatur nur so langsam, daß man das Reduktionsmittel der Druckfarbe zusetzen und die vorherige Präparation des Gewebes ersparen kann.

Dunkelblau wird nach folgender Vorschrift erhalten: 100 T. alkalische Verdickung, 20 T. Indigo rein B.A. S. F. 20%, 10 T. Rongalit C. Dieses wird durch Erwärmen in dem Farbteig gelöst und die Masse mit der Verdickung gut verrührt. Bei feuchtem Dampf wird 30—40 sec gedämpft; bei trocknem Dampf kann bis 5 min gedämpft werden.

Für den Indigo-Reservedruck werden auch auf der Faser entwickelte unlösliche Azofarben verwendet. Azophorrot PN (M.) liefert beispielsweise lebhaftes Rot, Azophororange MN (M.) feuriges Orange. Die Ware wird mit der Naphtol-Stärkepräparation grundiert, hierauf wird mit kupferfreier Reservefarbe, welche neben der Azophorfarbe Natriumazetat enthält, bedruckt, zur Härtung der Reserve verhängt und dann auf Sternreifen in der Eisenvitriol- oder

Zinkkalkküpe ausgefärbt. Sodann wird mit 5 g Salzsäure 22° im L Wasser 5 min bei 40° C gesäuert, gewaschen und getrocknet[33]).

Zum Bedrucken von Wolle und Seide mit Indigo werden stark glyzerinhaltige Verdickungen und konz. Indigopasten, beispielsweise die Indigoküpe B.A. S. F. 60% gebraucht. Nach dem Aufdruck und Trocknen wird 4—5 min gedämpft und gespült.

Indanthrenfarbstoffe können zusammen mit Indigo nach dem Schlieperschen Glykoseverfahren gedruckt werden. Diese Kombination bietet u. a. den Vorteil, daß Indanthrenblau in hellen Tönen weit lichtechter als Indigo ist.

Neben Alizarinrot wird Indigo nach folgendem Verfahren gedruckt: Der mit 200 g Traubenzucker, 50 g Türkischrotöl D und 2 cc. Ammoniak im L Wasser präparierte und getrocknete Stoff wird bedruckt.

a) mit 150 g Indigo rein B.A. S. F. 20%
850 „ Verdickung.

b) mit Alizarinrot.
150 g Alizarin GFX. 20% mit
520 „ Stärkeverdickung angerührt,
80 „ Kalziumazetat 10° Bé,
75 „ Türkischrotöl D,
80 „ Aluminiumrhodanat 20° Bé,
95 „ Zinnlaktat 27° Bé zugeben, gut mischen. Nach dem Aufdruck wird der Indigo durch kurzes Dämpfen mit feuchtem luftfreiem Dampf fixiert, sodann wird der Stoff nochmals 1 St. ohne Druck gedämpft, gewaschen und leicht geseift.

Thioindigorot und Thioindigoscharlach werden beispielsweise nach folgender Vorschrift für Rot- und Rosadruck verwendet[34]).

Rot:
270 g Thioindigoscharlach 2 G Teig (Kalle),
30 „ Thioindigorot 3 B Teig (Kalle),
300 „ Industriegummi-Verdickung,
80 „ Glyzerin,
100 „ Hydrosulfit NF konz,
150 „ Pottasche,
70 „ Wasser
1000 g

Rosa: Rot 1 : 10 verschnitten. Nach dem Drucken trocknen, 5 min bei 102° C mit luftfreiem Dampf dämpfen, verhängen, spülen, kochend seifen. Alle anderen Küpenfarbstoffe, d. h. alle Farbstoffe, die durch Reduktionsmittel in farblose Leukoverbindungen übergehen, werden im Zeugdruck in analoger Weise angewendet.

Die Helindonfarbstoffe (M) werden beispielsweise für Klotzartikel verwendet, indem man die Ware mit einer Klotzfarbe pflatscht, welche u. a. neben dem Farbstoff und der Verdickung Natronlauge, Anthrachinon Teig (1:10), Türkischrotöl und Hydrosulfit enthält. Die geklotzte Ware wird mit dem Hydrosulfit enthaltenden Ätzweiß bedruckt und gedämpft.

Die echten Hydronfarben von L. Cassella & Co., Hydron-Blau, -Schwarz, -Oliv, -Violett, -Gelb usw. werden unter Zusatz von Glyzerin, Glykose, Hydrosulfit konz. und Pottasche zu Verdickung aufgedruckt, kurze Zeit bei 100—102° C gedämpft und abgesäuert unter Zusatz von 3—6 g Kaliumbichromat zu 5 cc. Salzsäure im L; spülen und seifen.

Anilinschwarz im Zeugdruck[35]). Durch Oxydation des Anilins können im wesentlichen drei voneinander verschiedene Produkte erhalten werden. Die niederste Oxydationsstufe bildet den Hauptbestandteil des Emeraldins, eine blaue Base, die mit Säuren lebhaft grüne Salze liefert. Bei der weiteren Oxydation geht das Emeraldin in das eigentliche Anilinschwarz, in Nigranilin über, ein Polymeres von C_6H_5N, eine tiefviolette Base, die schwarzgrüne Salze liefert. Aus Nigranilin wird durch Säure, im besondern schweflige Säure das grüne Emeraldin zurückgebildet. Durch noch stärkere Oxydation des Nigranilins mit Chromsäure oder auch mit Chlorkalklösung in der Wärme wird das technisch wertvollste Produkt, das unvergrünliche Anilinschwarz erhalten. Dieses wird durch Säuren, auch schweflige Säure nicht grün, vermutlich deshalb, weil es keine Salze zu bilden vermag. — Durch energische Oxydation lassen sich alle Anilinschwarz, einerlei wie sie gebildet werden, in unvergrünliches Schwarz überführen.

Im Zeugdruck sind vornehmlich die folgenden, nach dem Sauerstoffüberträger benannten Anilinschwarz im Gebrauch: Schwefelkupfer-Schwarz, Bleichromat-Schwarz, Vanadium-Schwarz und Ferrozyan-Schwarz.

Schwefelkupfer-Schwarz. Als Sauerstoffüberträger wird der Druckfarbe Schwefelkupfer in Teig beigemengt, erhalten durch Fällung von Kupfervitriollösung mit Schwefelnatrium und sorgfältiges Auswaschen. Das Schwefelkupfer hat die unangenehme Eigenschaft die Stahlrackel und die Kupferwalze zu beschlagen. H. Schmid hat deshalb empfohlen, der Druckfarbe 3 g Rhodankalium für 1 L. zuzusetzen, um etwa zu Sulfat oxydiertes Schwefelkupfer durch Umwandlung in unlösliches Rhodankupfer unschädlich zu machen.

Im übrigen wird das Schwefelkupfer-

Schwarz geschätzt, weil es bei der Entwicklung durch Dämpfen nicht fließt, auch für sehr feine Konturen geeignet ist und ein sehr sattes Schwarz liefert. Es wird deshalb zum Druck für Hemdenartikel und in Verbindung mit Dampffarben oder aufgedruckte Beizen mit Vorliebe angewendet, doch angesichts des erwähnten Übelstandes, daß die Rackel beim Druck angegriffen wird und öfters angeschärft werden muß, neuerdings auch vielfach durch Ferrozyan-Schwarz ersetzt. Eine von F. V. Kallab empfohlene Schwefelkupfer-Druckfarbe hat folgende Zusammensetzung:

70 % Verdickung,
10 „ Anilinsalz,
5 „ Schwefelkupferteig und
15 „ Wasser.

Die Verdickung besteht aus:
800 g Tragantschleim 60:1000,
3000 „ Wasser,
720 „ Weizenstärke,
720 „ gebrannter Stärke und
220 „ Natriumchlorat.

Kallab empfiehlt den Zusatz von 50—60 g Ammoniak für je 1 kg Anilinsalz, um die bei der Bildung des Anilinschwarz freiwerdende Salzsäure, welche die Faser brüchig macht, zu binden. Ein geringer Zusatz von Ferrozyankalium wirkt in derselben Richtung. Nach der Entwicklung des Schwarz wird unter Zusatz von Soda gut gewaschen, mit Natriumhypochloritlösung behandelt und heiß geseift.

Die Entwicklung des Schwarz, welche früher durch Verhängen erfolgte, wird heute im größeren Betrieb fast ausschließlich im Schnelldämpfer in wenigen min vorgenommen.

Bleichromat-Schwarz. Es wurde von Schmidlin eingeführt (brit. Pat. 3181/1879) und wie das Schwefelkupfer-Schwarz und meist in Verbindung mit diesem angewendet. Sein Ton ist bräunlich, auch läßt es sich nicht so gut drucken, doch liefert es scharfe Konturen und wird besonders im Verein mit säureempfindlichen anderen Farben benutzt. Sansone[1]) gibt folgende Vorschrift: 1000 g Wasser, 120 bis 150 g Stärke kochen, vor dem Abkühlen 200 g Anilinsalz und 200 g Salmiak zumischen, kalt rühren und 50 g Natriumchlorat zusetzen. Vor dem Druck fügt man 200 g Chromgelb i. Tg. zu. Nach dem Aufdruck dämpfen, waschen und seifen. — Auch mit 100 g Anilinsalz auf 1000 Verdickung soll noch ein ganz gutes Schwarz erhalten werden.

Vanadium-Schwarz. Selbst äußerst geringe Mengen Vanadiumsalze vermögen als Sauerstoffüberträger große Mengen Anilinsalz zu Schwarz zu oxydieren. Im Betrieb werden 0,0012 g Vanadium für 1 L Druckfarbe, die 80 g salzsaures Anilin enthält, verwendet. H. Schmid hat als geeignetes Vanadiumsalz das Chlorür eingeführt. Es wird dargestellt durch Lösen von 20 g Ammoniummetavanadat in 100 cc. Salzsäure und 200 cc. Wasser, kochende Reduktion mit etwa 15 cc. käufl. Natriumbisulfit, bis Blaufärbung die Gegenwart von Vanadiumchlorür anzeigt, und Verdünnen auf 20 L. Einem L der Lösung entspricht 1 g Ammoniumvanadat oder etwa ½ g Vanadium. Auf 1,5 kg Anilinsalz werden im Betrieb 0,8—3 g Vanadiumchlorür angewendet. Die angesetzte Druckfarbe darf nicht zu lange stehen, sonst scheidet sich Anilinschwarz darin ab.

Vanadium-Schwarz wird mit Vorliebe im Verein mit lebhaften und zarten Farben wie Alizarin-Rosa und Rot, auch auf Paranitranilinrot gedruckt, da es diese nicht wie die anderen Metallsalz enthaltenden Anilinschwarz-Druckfarben beeinträchtigt. Vanadium-Schwarz greift auch die Faser nicht an.

Druckfarbe:
6700 g Weizenstärke-Verdickung,
1000 „ dunkelgebrannte Stärkeverdickung,
1000 „ Wasser
800 „ Anilinsalz,
150 „ Anilinöl,
400 „ Natriumchlorat.

Vor dem Gebrauch werden 500 cc. Vanadiumchlorürlösung zugesetzt. Diese wird erhalten durch Lösen von 8 g Ammonvanadat in 40 g Salzsäure und 80 cc. Wasser, Reduktion mit 10 g Glyzerin in der Wärme und Einstellen auf 2 L. Nach dem Aufdruck im Mather-Platt-Vordämpfapparat bei 95° in 2 min entwickeln. Es kann auch in der Hänge oder im Dampfkasten entwickelt werden.

Ferrozyan-Schwarz. Die Einführung der Ferrozyanüre in den Anilinschwarzdruck an Stelle der Kupfersalze ist Cordillot (Frz. Pat. 60 896 v. 2. 12. 1863) zu verdanken. Ferrozyan-Schwarz ist sehr haltbar, sicher und bequem im Gebrauch, es ist wohl das am meisten — besonders auch für schwere Muster und Anilinschwarzboden — benutzte Schwarz. In der Praxis wird Ferrozyananilin in der Druckfarbe durch Umsetzung des salzsauren Anilins und Ferrozyankaliums hergestellt.

Zur guten Entwicklung des Ferrozyan-Schwarz muß nachchromiert werden.

Druckfarbe:
120 g Weizenstärke,
80 „ dunkelgebrannte Stärke,
45 „ Natriumchlorat und
500 cc. Wasser, kochen, dazu

50 g Ferrozyankalium, kalt dazu
85 „ Anilinöl,
112 „ Salzsäure 19° Bé.

Im Mather-Platt höchstens drei min dämpfen; bei längerem Dämpfen muß durch Ammoniakgas genommen werden.

Eine große Rolle im Anilinschwarzdruck spielt das Prud'hommesche Verfahren, welches die „Illuminierung" von beiderseits durchgefärbten Anilinschwarz unter Benutzung des Schnelldämpfers ermöglicht. Die Anilinschwarzfarbe, bestehend aus Natriumchlorat, Ferrozyankalium, Anilinsalz und Anilinöl, wird aufgeklotzt, die Ware im Heißlufttrockenstuhl so rasch getrocknet, daß sie hellgelb mit einem Stich ins Grüne den Stuhl verläßt. Die Ware wird nunmehr mit einer Ätzfarbe bedruckt, welche beispielsweise Chromgelbteig, Albuminverdickung, essigsaures Natron und Natronlauge oder Zinnober, Glyzerin, Wasser, essigsaures Natron und Albumin-Verdickung enthält. Die Stücke gehen dann 1—2 mal durch den Mather-Platt, den sie dunkelgrün verlassen müssen, werden bei 80° C chromiert, gewaschen, geseift, gespült und appretiert[19]).

Wie Anilin liefern in analoger Weise auch andere aromatische Basen echte Farben. Bereits 1869 hat Ch. Brandt das *a*-Naphtylamin zur Erzeugung eines violetten Braun vorgeschlagen. Von verschiedenen Forschern wurden alle Homologen des Anilins und die Aminophenole auf ihre Verwendbarkeit untersucht. Auch Paraphenylendiamin und m-Nitranilin werden mit Anilin zusammen oxydiert.

Für die Praxis sehr wertvoll erwiesen sich die von E. Ullrich und V. Fußgänger ausgearbeiteten, den Höchster Farbwerken durch DRP. 134599 vom 4. IV. 1901 geschützten Verfahren zur Oxydation der Derivate des p-Phenylendiamins. Das Paraaminodiphenylamin wird als Diphenylschwarzbase in den Handel gebracht.

Als Vorteile werden u. a. hervorgehoben, daß die Schwarzbildung ohne einen Sauerstoffüberträger leicht von statten geht, daß ein volles tiefes und unvergrünliches Schwarz auf Baumwolle oder Halbseide gewonnen wird, welches sehr seifen-, soda-, licht-, schwefel-, säure-, alkali- und bügelecht ist. Das Schwarz kann auch neben allen Dampffarben benutzt werden, da diese nicht wie bei Ferrozyanschwarz durch die Anwesenheit von Eisenverbindungen beeinträchtigt werden. Da die Basen sich leicht und mit geringem Säurebedarf zu Schwarz entwickeln lassen, kann man die Stückware sofort nach dem Klotzen über die heißen Trockenzylinder führen, wodurch das zeitraubende Trocknen in der Hotflue, die Passage durch den Dämpfapparat oder langes Verhängen in der Oxydationskammer erspart werden. — Genaue Vorschriften für die Anwendung der Basen finden sich in der Patentschrift. A. G. Green[35]) (Brit. Pat. 16189/1907) hat festgestellt, daß durch Zusatz ganz geringer Mengen eines Paradiamins oder eines Paraaminophenols zu einer Anilinsalzmischung, welche einen Sauerstoffüberträger, wie z. B. Kupferchlorid enthält, eine hohe Beschleunigung der Oxydation durch den Sauerstoff der Luft erreicht wird. Das Schwarz kommt mit weit geringeren Zusätzen von Säure gut zur Entwicklung, die Faser wird daher nicht geschwächt.

Literatur:

1. Ber. chem. Ges. IX, 522. Witt-Lehmann, Chem. Technol. d. Gespinstfasern, **1910**, 360ff.
2. Z. angew. Ch. **1916**, Heft 21. Einzelne Sonderdrucke umsonst von Dr. P. Krais, Dresden, Wienerstr. 30.
3. Vgl. z. B. G. Ullmann, Die Apparatenfärberei, Berlin 1905.
4. Vgl. W. Zänker, Die Färberei, Leipzig **1913**, S. 91.
5. Vgl. R. Löwenthal, Handbuch der Färberei.
6. Derselbe S. 1235—40.
7. W. Elbers, Färberztg. (Lehne) **1918**, 241, 265, 285 u. 297.
8. Carl H. Steinbeck, Bleichen u. Färben der Seide, **1895**, 7, 230.
9. K. Süvern, Die künstliche Seide, II. Aufl., Berlin **1907**, S. 228ff. mit Ausfärbungen; III. Aufl., **1912**, S. 589.
10. O. Lange, Die Schwefelfarbstoffe, Leipzig 1912. Derselbe, Schwefelfarbstoffe. Muspratt, Erg. III, 1, Braunschweig **1915**, S. 467ff. R. Lepetit, Färberztg. (Lehne) **1889/90**, S. 128.
11. Bancroft, Philosophy of permanent colours, **1813**, I, 347. Lehne, Über die Beizen der Wolle, Lehnes Färberztg. **1889/90**, 322. Witt-Lehmann, 1910, 10.
12. A. Kielmeyer, Dingl. Journ. **1879**, 62.
13. Mitt. d. techn. Gew.-Mus., Wien **1885**, 1; **1886**, 1.
14. „Indigo rein" der Badischen Anilin- u. Sodafabrik, Ludwigshafen a. Rh. **1909**
15. Lehnes Färberztg. **1914**, 354.
16. Z. angew. Ch. **1903**, 47.
17. „Indigo MLB auf Baumwolle", Farbwerke Höchst.
18. 14, S. 240ff.
19. Noelting u. Lehne, Anilinschwarz, 2. Aufl., Berlin 1904.
20. Lehnes Färberztg. **1890**, 332, ferner **19**, S. 134.
21. Kielmeyer, Entwicklung des Anilinschwarz in Färberei u. Druckerei, 1893.
22. Lehnes Färberztg. **1893/4**, 169, **1894/5**, 313; ferner Ber. des V. Internat. Kongr. f. angew. Ch., Berlin 1903, IV B., Bd. II, 999.

23. Steinbeck, Bleichen u. Färben der Seide u. Halbseide, Berlin **1895**, 233, 235.
24. Hegel, Die Chromgerbung, Berlin **1898**, 97; Über Neuerungen auf d. Geb. d. Chromgerbung: V. Internat. Kongr. f. angew. Ch. **1903**, IV B, II, 950.
25. Kleines Handbuch d. Färberei von L. Cassella & Co., Frankfurt a. M., II. Aufl., Bd. III, S. 195—197.
26. J. Depierre, L'impression des tissus, S. 31.
27. Witt-Lehmann (1) II, 608.
28. Ratgeber der Höchster Farbwerke **1909**, 239.
29. Lehnes Färberztg. **1894/5**, 285.
30. Ratgeber der Höchster Farbwerke **1908**, 262.
31. Lehnes Färberztg. **1913**, 1, 23.
32. Sitzber. d. industr. Ges. Mülhausen i. Els. **1883**, 585.
33. Indigo MLB. auf Baumwolle, Nr. 822 der Höchster Farbwerke.
34. Lehnes Färberztg. **1914**, 349.
35. Noelting u. Lehne, Anilineblack, translated by A. Morris, London 1909, S. 78.
36. L. Cassella & Co., Kl. Handb. d. Färberei, II. Aufl., Frankfurt a. M. 252.
37. Lehnes Färberztg. **1895/6**, 197.
38. Lehne, Beizen der Wolle, Lehnes Färberztg. **1889/90**, 340.
39. Elbers, Die Bedienung der Arbeitsmaschinen zur Herstellung bedruckter Baumwollstoffe, Braunschweig 1909.
40. Muspratt, Ergänzungswerk III, 1, S. 417, Braunschweig 1915.

A. Lehne.

Farbstoffe zur Sensibilisierung s. Photogr. Materialien B.
Fasergips s. Farbstoffe I, 34.
Faßdauben s. Holz III, 6.
Faturan s. Plastische Massen 9.
Faust, Glasbausteine s. Steine III, 15, 1.
Favorit s. Sprengstoffe V, 8, a.
Federn s. Textilien A, III, c, 2; B, IV, 17.
Federstahl s. Eisen V, 2; Verwendung.
Federweiß s. Farbstoffe I, 60.
Fegaraseide s. Textilien A, III, 1, 2.
Fehlingsche Lösung s. Kaliumnatriumtartrat.
Feilenlegierung s. Legierungen I, a.
Feldspat s. Steine II, B, 6.
Felle s. Häute.
Felsenit s. Steine III, 14, b; V, N.
Felsitporphyr s. Steine V, L.
Femmel s. Textilien unter Hanf.
Fernambukholz s. Holz VII, 67.
Fernambuklack s. Farbstoffe I, 75.
Ferri- s. Eisen-.
Ferrit s. Eisen, A.
Ferrizyaneisen s. Farbstoffe I, 88.
Ferrochrom s. Eisen B, III.
Ferromangan s. Eisen B, III; s. a. Mangan.
Ferrosilizium s. Eisen B, III.
Ferro- s. Eisen-.
Ferrozyaneisen s. Farbstoffe I, 7.
Festoform s. Desinfektionsmittel 85.

Fette und Öle.

Übersicht.

	Seite
I. Mineralische	445
1. Erdöl	445
2. Benzin	450
3. Leuchtpetroleum	452
4. Putzöl	453
5. Gasöl	454
6. Treiböl	454
7. Heizöl	454
8. Transformatorenöle	454
9. Staubbindende Öle	454
10. Schmieröle	454
11. Konsistente Maschinen- und Wagenfette	455
12. Wasserlösliche Mineralöle	455
13. Vaselin	455
14. Goudron	455
II. Pflanzliche und tierische	456
A. Verfahren für die Untersuchung der Fette, Öle, Wachse und Harze	456
B. Pflanzliche Fette und Öle	473
1. Baumwollsaatöl	473
2. Erdnußöl	475
3. Hölzöl	476
4. Kokosnußöl	477
5. Leinöl	479
6. Mohnöl	482
7. Nußöl	483
8. Olivenöl	483
9. Palmkernöl	485
10. Palmöl	486
11. Rizinusöl	487
12. Rüböl	489
13. Sesamöl	491
14. Sojabohnenöl	492
15. Sonnenblumenöl	493
C. Tierische Fette und Öle	494
1. Schweinefett u. Schmalzöl	494
2. Talg	495
3. Tran	497
4. Knochenfett	498
5. Knochenöl	499
6. Klauenöle	499
7. Degras	500
8. Wollfett	502
D. Abfallfette	503
E. Fettsäuren	505
F. Türkischrotöl	509
G. Schmelzöle	512
H. Gehärtete Öle (Fette)	514

I. Mineralische Fette und Öle.

1. Erdöl. Rohöl, Petroleum, Steinöl, Bergöl, Bergbalsam, Naphtha; engl.: mineral oil, crude oil, naphtha, petroleum; franz.: naphthe, petrole, bitume liquide, huile de naphte. Die dicken teerartigen Sorten: Erdteer, Bergteer, Erdpech, Bergpech;

engl.: mineral tar, mineral pitch; franz.: bitume visqueux, poix minéral, graisse minérale.

Chemische Natur: Organische, fossile Stoffe von fester, flüssiger oder gasförmiger Aggregatform, welche hauptsächlich aus kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Verbindungen bestehen, und vorwiegend tierischen und pflanzlichen Fett- und Wachsresten entstammen.

Chemische Bestandteile[1]): Je nach Herkunft des Erdöls sehr verschieden. Der Hauptsache nach Kohlenwasserstoffe und zwar Paraffine ($C_nH_{2n} + 2$), die hauptsächlich im Erdöl von Pennsylvanien vorkommen; Naphthene[2]) (C_nH_{2n}), die den Hauptbestandteil des Erdöls der Halbinsel Apscheron (Kaspisches Meer) bilden; außerdem in wechselnden Mengen Olefine, Alkylene (C_nH_{2n}), Azetylene, Diolefine (C_nH_{2n-2}), Olefinazetylene, Polyolefine, Terpene (C_nH_{2n-4}), Zyklische Kohlenwasserstoffe und Benzole (C_nH_{2n-6}), endlich Kohlenwasserstoffe vom Schema C_nH_{2n-8} bis C_nH_{2n-20}, in den höchstsiedenden Anteilen der Erdöle.

Ferner enthalten die Erdöle von

Sauerstoffverbindungen: Fettsäuren, Naphtensäuren, Phenole, harzartige Stoffe;

Schwefelverbindungen: Schwefelwasserstoff, thiophenartige Verbindungen, Thioph ne, Thioäther, Merkaptane, endlich

Stickstoffverbindungen: Pyridine und andere Stickstoffbasen.

Morphologie: Aggregatzustand: dünnflüssig bis dick teerartig.

Thermische Eigenschaften: Erstarrp.: je nach Herkunft, besonders mit Rücksicht auf den Paraffingehalt sehr verschieden. Siedetemperatur: je nach Herkunft sehr verschieden. Bei der fabrikatorischen Verarbeitung unterscheidet man gewöhnlich: Benzin, bis etwa 150° C. siedend, Leuchtpetroleum von 150°—285°, Gasöl (Paraffinöl) 285°—350°, und Destillationsrückstand (Schmieröle) über 350° C. Die Zersetzungstemperatur liegt bei den meisten Erdölen bei etwa 300° C bei gewöhnlichem Luftdruck. Die Dichte ist sehr verschieden, bei den bisher bekannten Sorten zwischen 0,650 und 1,02. Auch bei Erdölen derselben Fundstätten in geringerer Tiefe meist größer als in den unteren Lagen.

Ausdehnungskoeffizient: Als Normaltemperatur für die Bestimmung der Dichte gilt 15° C. Will man die gefundene Dichte bei irgendeiner Temperatur auf die Normaltemperatur umrechnen, so geschieht dies nach der Formel:

$$D_{15} = D_t + \varkappa (t - 15)$$

D_{15} = gesuchte Dichte bei Normaltemperatur.
Dt = gemessene Dichte bei der Temperatur t°.
$\varkappa$ = absoluter Ausdehnungskoeffizient.

Der Ausdehnungskoeffizient ändert sich mit der Temperatur, weshalb t nicht zu weit von 15° C entfernt sein darf.

Markownikoff und Ogloblin[3]) geben für amerikanische Öle bei einer Versuchstemperatur zwischen 0° und 39,8° C an:

d 15°	α
bis 0,700	0,00090
0,700—0,750	0,00085
0,750—0,800	0,00080
0,800—0,815	0,00070
über 0,815	0,00065

Nach Angaben der Bakuer Kommission der Kaiserl. russ. Techn. Ges. gelten für Öle der Halbinsel Apscheron:

Ölsorte	t = °C	α
Rohöl	0—15	0,00063
Rohöl	15—50	0,00065
Petrol. u. Benzin	0—15	0,00071
Petrol. u. Benzin	15—50	0,00072
Solaröle	0—15	0,00069
Solaröle	15—50	0,00070
Schmieröle	0—15	0,00063
Schmieröle	15—50	0,00064
Residuen	0—15	0,00063
Residuen	15—50	0,00063

Spezifische Wärme: Maberg und Goldstein bestimmten die spezifische Wärme einiger Erdöle:

Fundort:	Spezif. Gewicht	Spezif. Wärme
Kalifornien	0,9600	0,3980
Texas	0,9466	0,4009
Texas (Lukaswell)	0,9200	0,4315
Rußland	0,9079	0,4355
Wyoming	0,8816	0,4323
Japan	0,8622	0,4532
Berea Grit	0,7939	0,4690
Pennsylvanien	0,8095	0,5000
Ohio	—	0,4951

Verdampfungswärme im Mittel 75 bis 80 kcal.

Verbrennungswärme:

Heizwert verschiedener Erdöle nach St. Claire-Deville:

(Tabelle s. Seite 447 oben.)

Entflammungswärme: Je nach Zusammensetzung des Erdöls sehr verschieden.

Mechanisch-technische Eigenschaften: Innere Reibung — (Viskosität): — je nach Zusammensetzung sehr verschieden.

Herkunft	Dichte	Verbrennungswärme (oberer Heizwert in kcal.)
1. Schweres Öl, West-Virginien	0,873	10,180
2. Leichtes Öl, West-Virginien	0,841	10,223
3. Leichtes Öl, Pennsylv.	0,816	9,963
4. Schweres Öl, Pennsylv.	0,886	10,672
5. Erdöl aus Pechelbronn	0,912	9,708
6. Erdöl aus Ostgalizien	0,870	10,005
7. Erdöl aus Westgalizien	0,885	10,231
8. Erdöl aus Balachany	0,882	11,070
9. Leichtes Öl aus Baku	0,884	11,460
10. Schweres Öl aus Baku	0,938	10,800
11. Schweres Öl aus Ohio	0,887	10,399
12. Erdöl aus Java	0,827	9,593

Kapillarität: Siehe bei Lampenpetroleum.

Optische Eigenschaften: Verhalten gegen Licht: über Veränderungen durch Einwirkung des Lichtes siehe bei Lampenpetroleum. Lichtbrechung (Refraktion). Der Brechungsexponent steigt mit steigendem Sp. und steigender Dichte, er ist für gleiche Fraktionen und Öle gleichen Ursprungs ziemlich gleichbleibend, bei Ölen verschiedenen Ursprungs aber oft stark abweichend. In der Regel liegt der Wert von n je nach der Dichte der Fraktion zwischen 1,4 und 1,5. Verhalten im polarisierten Licht: Die meisten Erdöle sind optisch aktiv, welche Eigenschaft wahrscheinlich eine Folge der Anwesenheit von Cholesterin ist (tierischer und pflanzlicher Ursprung des Erdöls). — Ausführliche Angaben über die optische Aktivität der Erdöle siehe[1]): Farbe: je nach Herkunft gelb, braun, rotbraun bis fast schwarz. Die meisten Erdöle besitzen grüne Fluoreszenz.

Chemisches Verhalten: Verhalten gegen Luft, Sauerstoff und Ozon: Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe des Erdöls nehmen allmählich den Luftsauerstoff auf unter Bildung von meist gefärbten, oft harzigen Produkten (Autoxydation). — Farbloses Petroleum färbt sich mit der Zeit im Sonnenlicht gelb bis braun (Ozonisierung). — Unter dem Einflusse des so veränderten Öles lösen sich manche Metalle (Blei, Zink) im Petroleum auf. Ozon wirkt auf die meisten Erdöle unter Bildung fester Ozonide. Verhalten gegen Halogene: Alle Halogene, besonders Chlor und Brom wirken auf Erdölkohlenwasserstoffe unter Bildung von Halogenadditions- und -substitutionsprodukten.

Verhalten gegen Wasser: Wasser ist in Erdöl fast ganz unlöslich. Erdöle emulgieren sich mit Wasser, besonders nach Zusatz von Seife. Petroleum löst ganz geringe Mengen Wasser, was besonders für Transformatorenöle berücksichtigt werden muß.

Verhalten gegen andere chemische Stoffe:

Schwefelsäure wirkt auf alle Erdöle ein, indem sie den größten Teil der ungesättigten Kohlenwasserstoffe aufnimmt. Die Olefine werden teils in Ätherschwefelsäuren übergeführt, teils polymerisiert und oxydiert. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe gehen zum größten Teil in Sulfosäuren über. Salpetersäure: die Art ihrer Einwirkung hängt ganz von der Art des Erdöls ab, es entstehen Nitroprodukte nebst organischen Säuren. Alkalien wirken auf die in den Erdölen stets vorhandenen sauerstoffhaltigen Körper unter Bildung von wasserlöslichen Verbindungen (Seifen) ein. Schwefel: Bei hohen Temperaturen wirkt Schwefel auf viele Erdöle unter Bildung von Schwefelwasserstoff ein. Organische Lösungsmittel: Erdöl ist bei gewisser Temperatur in allen Verhältnissen löslich in: Äther, Benzol, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff und ähnlichen Lösungsmitteln; schwerlöslich in Äthylalkohol, etwas leichter in Amylalkohol.

Physiologische Eigenschaften: Beinahe alle Erdöle haben bakterientötende Wirkung. (Näheres s. bei Verwendung.)

Materialprüfung[4]): Geruch und Farbe: Erdöle mit größerem Benzingehalt sind meist heller gefärbt und besitzen grüne Fluoreszenz, benzinarme oder benzinfreie Öle mit großem Asphaltgehalt meist dunkel, ohne Fluoreszenz. Der Geruch hat bloß untergeordnete Bedeutung. Dichte: Als Einheitstemperatur gilt die Temperatur von 15° C bezogen auf Wasser von 4° C. Die Bestimmung geschieht mittels:

a) Normal-Aräometer: Thermo-Aräometer, welche in 5 Spindeln die Dichten 0,610—0,990 umfassen. — Ferner die sog. Dehneschen Spindeln, die vom Halleschen Verein für Mineralölindustrie geprüft sind, und 4 Spindeln für Dichten 0,600—1,000 umfassen. — Ferner für kleine Mengen Öl, kleine Aräometer von etwa 16 cm Länge in ganzen Sätzen von 0,640—0,940 ohne Thermometer.

b) Pyknometer: Für ganz genaue Bestimmungen, oder für dicke Öle, in welche die Spindel nur schwer einsinkt.

c) Hydrostatische Wage: Bei nicht zu dunklen und zähen Ölen wird vielfach die hydrostatische Wage von Mohr, be-

sonders in ihrer Modifikation von Westphal und Sartorius verwendet.

Ausdehnungskoeffizient: Mittels Dilatometers.

Spezifische Wärme: In verschiedener Weise mittels Kalorimeterbombe.

Verdampfungswärme: Nach der Methode von v. Syniewski oder rechnerisch nach der von Graefe.

Flammpunkt: In Deutschland sind folgende Apparate in Gebrauch:

a) Offener Tiegel: Findet Anwendung bei schweren Ölen (Schmieröle, Rückstände).

b) Petroleumprober von Abel-Pensky: Zur Bestimmung des Flammpunktes von Petroleum. — Seit 1912 durch die Internationale Petroleumkommission international anerkannt.

c) Flammpunktprüfer von Pensky-Martens: In Deutschland fast ausschließlich, und in den meisten Ländern größtenteils für Schmieröle und andere hochentflammbare Erdölprodukte im Gebrauch.

Zähflüssigkeit (Viskosität): In verschiedenen Ländern sind verschiedene Viskosimeter im Gebrauch. Deutschland: Viskosimeter von Engler; England: Apparat von Redwood; Vereinigte Staaten: Viskosimeter von Saybold; Rußland: Viskosimeter von Engler und Apparat von Lamansky-Nobel.

Wassergehalt: Schwach wasserhaltige Öle werden in einen Destillierkolben gebracht, bis 150° C abdestilliert, und das übergegangene Wasser gemessen. — Stark wasserhaltige Öle werden vor der Destillation mit dem gleichen Volumen Schwerbenzin verdünnt. — Bei weniger genauen Bestimmungen vermischt man mit dem gleichen Volumen Schwerbenzin und läßt in einem nach unten konisch verlaufenden Meßgefäß abstehen. — Ferner kann man den Wassergehalt durch Zentrifugieren bestimmen.

Mechanische Beimengungen und Salze: Eine qualitative Probe stellt man an, indem man 1 ccm Öl mit 40 ccm Benzol in einem Reagenzglase mischt und der Ruhe überläßt. Mechanische Verunreinigungen setzen sich am Boden des Reagensglases ab.

Quantitativ geschieht die Bestimmung in folgender Weise: 5—10 g Öl werden in 100—200 ccm Benzol gelöst, 10—12 Stunden absitzen gelassen und durch ein gewogenes Filter filtriert. Das Filter wäscht man mit Benzol und trocknet bei 105° C. — Die Gewichtszunahme des Filters gibt die Menge der mechanischen Verunreinigungen und der Salze an. — Nach Auswaschen der letzteren mit Wasser trocknet man wieder bei 105° C und wägt von neuem. Die Gewichtsdifferenz gibt die Menge der Salze an.

Siedeanalyse: Die Siedeanalyse dient dazu, um den Gehalt eines Rohöls an Handelsprodukten (Gasolin, Benzin, Lampenpetroleum usw.) zu ermitteln. Das Erdöl muß gründlich entwässert werden, ev. durch Schütteln mit Chlorkalzium. Es werden verschiedene Destillierapparate verwendet, besonders eiserne oder kupferne Destillierkessel von einigen Litern Inhalt, oder kleine Glaskolben. Für Zoll- und handelstechnische Zwecke sind Apparate von ganz bestimmten Dimensionen vorgeschrieben. In Deutschland allgemein gebräuchlich und von der Internationalen Petroleumkommission vorgeschrieben ist der Englersche Destillierapparat, der von Ubbelohde modifiziert wurde[4a]).

In der Regel werden bei der Siedeanalyse folgende drei Hauptfraktionen getrennt:

1. Fraktion bis 150° C Benzin,
2. Fraktion 150°—300° C Leuchtöl,
3. Fraktion über 300° C Solaröle und Schmieröle. Näheres hierüber[5]).

Der Asphaltgehalt wird in Rohölen nach den Methoden von Bender und Holde bestimmt[6]). Diese beruhen darauf, daß die Asphaltstoffe durch Benzin ausgefällt werden. Da aber ein Benzin um so mehr Asphalt ausfällt, je leichter es ist, wurde vom „Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik" als Normalbenzin ein solches festgesetzt, welches eine Dichte von 0,695—0,705 bei 15° C und die äußersten Siedegrenzen 65°—95° C hat.

Paraffingehalt: Am gebräuchlichsten und für alle zollamtlichen Zwecke angewandt ist die Methode, welche auf der Fällbarkeit von Paraffin durch Alkohol in ätherischer Lösung beruht. Diese Methode ist zuerst von Grotowsky vorgeschlagen worden, wurde dann von Engler-Böhm und Höland näher geprüft und endlich von Holde in eine allgemein anwendbare Form gebracht[7]).

Bestimmung der aromatischen und ungesättigten Kohlenwasserstoffe: a) Die Methode von Krämer und Böttcher beruht darauf, daß man die aromatischen und ungesättigten Kohlenwasserstoffe mit anhydridhaltiger Schwefelsäure extrahiert, b) Zaloziecki und Hausmann verwenden Salpetersäure oder ein Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure, c) Nastjukoff extrahiert die ungesättigten, aromatischen und teilweise hydrierten Kohlenwasserstoffe durch Behandlung mit Schwefelsäure und Formaldehyd, d) Edeleanu behandelt die Erdölprodukte mit flüssigem Schwefeldioxyd, wobei aromatische und zyklische unge-

sättigte Kohlenwasserstoffe in Lösung gehen. Dieses Verfahren ist mit Erfolg in die Industrie eingeführt worden[8]).

Schwefel: Der Schwefelgehalt in Erdölen kann bestimmt werden: a) Nach Engler-Heußler durch Verbrennen des Öls auf einer Lampe, Absaugen der Verbrennungsgase und Absorption derselben durch eine Lösung von Brom in Kalilauge; b) nach Rothe durch Einwirkung von Magnesiumoxyd und Salpetersäure auf das schwefelhaltige Öl, und Bestimmung des Schwefels als Bariumsulfat; c) allgemein anwendbar ist die Schwefelbestimmung mittels der Mahlerschen Kalorimeterbombe, wobei der Schwefel durch Sauerstoff unter Druck verbrannt und zum Schluß als Bariumsulfat bestimmt wird[9]).

Über spezielle Prüfungsmethoden s. bei den einzelnen Handelsprodukten.

Hauptverwendungen: 1. als Heizmaterial: Die schweren asphaltreichen und benzinarmen Erdöle werden als Heizmaterial verwendet. — Die Verbrennung geschieht mit Hilfe eigens konstruierter Apparate (Forsunka), mittels deren das Öl in den Feuerraum in fein verteiltem Zustande eingeblasen wird. Dies kann erreicht werden: a) durch Druck allein, b) durch Zerstäubung mit Wasserdampf, c) durch Zerstäubung mit Druckluft.

Außerdem wird besonders in Rußland zu häuslichen und metallurgischen Feuerungen die sog. Schalenfeuerung angewandt bei der das Öl aus einem höherstehenden Behälter in eine Schale einfließt und daselbst zur Verbrennung gebracht wird.[10]).

2. Zur Krafterzeugung für motorische Zwecke: Eine große Rolle spielt das Erdöl als Treiböl für Motoren (Dieselmotoren), welche sich auch immer mehr Eingang in der Schiffahrt verschaffen, wo der Fortfall der Dampfmaschine und des damit verbundenen großen Kohlenballastes einen großen Vorteil bildet.

3. Zur Erzeugung von Sauggas, welches ebenfalls für den Betrieb von Motoren (Sauggasmotoren) dient.

4. Zum Vermengen mit minderwertigen festen Brennmaterialien.

5. Als Imprägnierungsmittel, besonders für Eisenbahnschwellen und gegen Straßenstaub.

6. Als Desinfektionsmittel, besonders bei Hautkrankheiten des Menschen und des Viehes; ferner gegen Pflanzenschmarotzer und Insekten.

7. Zur Herstellung von Ruß für Buchdruckerschwärze.

Ersatzstoffe und Fälschungen kommen bei Erdöl nicht vor.

Verwertung der Abfälle: Bei der Fabrikation von Lampenpetroleum und Schmierölen werden die Destillate, meist nach vorhergehender Behandlung mit Schwefelsäure, mit Ätznatronlauge behandelt. Man erhält Abfalllaugen, in denen sich die sog. Petrolsäuren in Form ihrer Natronsalze (Seifen) in Lösung befinden. — Diese Seifen dienen vielfach als Surrogate in der Seifenfabrikation und als Schmiermittel (Bohrmilch).

Warenkundliches: Erdöl wird in der Regel an der Warenbörse gehandelt und zeigt oft täglich wechselnde Notierungen. — Kauf und Verkauf geschieht nach Gewicht (Tonnen, Pud) — in Amerika nach Barrels (etwa 145 kg).

Handelszentren sind die Produktionsgebiete.

Volkswirtschaftliches: Die Bedeutung der Erdölindustrie zeigt folgende Zusammenfassung der Weltproduktion:

Weltproduktion von Rohöl in t.

Jahr	Vereinigte Staaten	Rußland	Niederländisch Indien
1860	65 500	—	—
1870	689 157	—	—
1880	3 443 482	400 237	—
1890	6 002 883	3 630 663	—
1900	8 334 289	9 927 101	425 600
1909	23 659 601	8 967 223	1 200 000
1913	36 024 703	9 110 981	1 735 194

Jahr	Rumänien	Galizien	Britisch Indien
1860	1 188	—	—
1870	11 649	—	—
1880	15 900	32 000	—
1890	53 300	91 650	15 466
1900	226 500	326 334	141 252
1909	1 296 403	2 150 000	700 000
1913	1 965 441	1 133 628	1 149 871

Jahr	Japan	Deutschland	Andere Länder	Insgesamt
1860	—	—	5	66 693
1870	—	—	12	700 818
1880	3 992	1 309	283	3 897 203
1890	8 051	15 226	453	9 817 695
1900	113 529	50 375	1 683	19 546 663
1909	300 000	143 244	625 000	39 014 471
1913	278 691	144 385	4 230 996	55 773 790

Zusammenfassung und technische Eigenschaften: Die Beurteilung eines Erdöls erfolgt in erster Linie durch die Siedeanalyse, aus welcher ein Schluß auf die Ausbeute an verschiedenen Marktprodukten gezogen werden kann. Man unter-

scheidet im allgemeinen zwei Haupttypen von Erdölen: asphaltreiche und paraffinreiche.

Literatur:

Allgemeines und Fabrikation:

Engler u. Höfer, Das Erdöl **I—V**, Hirzel, Leipzig (bisher 4 Bde. erschienen). — **III:** Die Technologie des Erdöls, 1911.
L. Gurwitsch, Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölverarbeitung, Springer, Berlin 1913.
Kißling, Das Erdöl, seine Verarbeitung und Verwendung, W. Knapp, Halle a. S. 1908.
G. Krämer und Böttcher, Die deutschen Erdöle und deren Verbreitung, W. Knapp, Halle a. S.
Veith, Das Erdöl, Vieweg, Braunschweig 1892.
S. Aisinmann, Taschenbuch für Mineralölindustrie, Springer, Berlin.
R. A. Wischin, Vademekum des Mineralölchemikers, Vieweg, Braunschweig.
Kwiatkowsky-Rakusin, Anleitung zur Verarbeitung der Naphtha und ihrer Produkte, 1904.
Mertens, Die Naphthaindustrie von Baku, 1900.

Geologie und Chemie:

Engler u. Höfer, **I.**
C. Angermann, Allgemeine Naphthageologie, Wien 1903.
H. Höfer, Das Erdöl und seine Verwandten, 1906.
R. A. Wischin, Die Naphthene, Braunschweig 1901.

Prüfung und Verwendung:

Engler u. Höfer, Das Erdöl **IV**, Leipzig 1916.
Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette, 5. Aufl., Berlin 1914.
I. Großmann, Die Schmiermittel, C. W. Kreidel, Wiesbaden 1909.
Kißling, Laboratoriumsbuch für die Erdölindustrie, Halle a. S. 1908.
M. A. Rakusin, Die Polarimetrie der Erdöle, Verlag für Fachliteratur, Berlin 1910.
Derselbe, Die Untersuchung des Erdöls und seiner Produkte, 1906.

Volkswirtschaftliches und Handelspolitisches:

W. Mancke, Ein Weltmonopol in Petroleum, Tübingen 1895.
G. Zoepfl, Der Wettbewerb des russischen und amerikanischen Petroleums, Berlin 1899.
R. Schneider, Der Petroleumhandel, Tübingen 1902.
H. Wolff, Die russische Naphthaindustrie und der deutsche Petroleummarkt, Tübingen u. Leipzig 1902.
F. Gehrke, Die neuere Entwicklung des Petroleumhandels in Deutschland, Tübingen 1906.
C. Menke, Die Geschäftsmethoden der Standard Oil Co., Berlin 1908.
W. Möller, Die Versorgung der Welt mit Petroleum unter besonderer Berücksichtigung Deutschlands, Berlin 1910.
P. Schwarz, Der internationale Petroleumhandel. Veröffentlicht in R. Sonndorfer, Die Technik des Welthandels **II**, Wien u. Leipzig 1912.
J. Leis, Das Reichsmonopol im Petroleumhandel, Regensburg 1908.
P. Schwarz, Ein Reichsmonopol, Berlin 1909.
M. Neumann, Das Reichsmonopol für Petroleum, Berlin 1912.
W. Möller, Das Reichsmonopol, Berlin 1913.
J. Leis, Das Leuchtgesetz in handelspolitischer Beleuchtung, Regensburg 1912.
G. Spieß, Zwei Denkschriften zum Petroleummonopol, Berlin 1913.
Ditthorn, Die Bedeutung der Donauwasserstraße für die Petroleumeinfuhr, Berlin, Troschel 1903.
J. Leis, Die Petroleumraffinerien in Deutschland, Regensburg 1904.

Zeitschriften:

Petroleum, Zeitschr. für die gesamten Interessen der Petroleumindustrie und des Petroleumhandels, Berlin.
Österr. Chemiker und Technikerztg., zugleich Fachorgan des Vereins der Bohrtechniker, Wien.
1. Engler u. Höfer, **I**, Hirzel, Leipzig 1913.
2. R. Wischin, Die Naphthene, Braunschweig 1901.
3. Ber. chem. Ges. **16**, 1873.
4. Holde, Die Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl., Berlin 1918.
4a. Derselbe, S. 139.
5. Derselbe, 4. Aufl., S. 28.
6. Derselbe, S. 40.
7. Derselbe, S. 45.
8. Engler u. Höfer **IV**, 21.
9. Holde, S. 50.
10. Engler u. Höfer **IV**, 332.

2. Benzin, Rigolen, Petrol(eum)äther, Gasolin, Ligroin, Fleckwasser; engl.: benzene; franz.: benzine.

Chemische Natur vgl. bei Erdöl; Benzin ist eine leicht bewegliche Flüssigkeit, die an der Luft rasch verdampft.

Thermische Eigenschaften: Siedepunkt: Je nach Sorte zwischen 40° und 150° C. — Leichtbenzin bis 100° C. — Schwerbenzin bis 150° C. — Dichte: Je nach Sorte und Herkunft: 0,650—0,760. Ausdehnungskoeffizient, Spezifische Wärme, Verdampfungswärme s. bei Erdöl. Verbrennungswärme im Durchschnitt 11 000 kcal. Entflammbarkeit: Je nach Sorte + 10° bis —60° C.

Viskosität: Je nach Sorte geringer oder größer als die von Wasser.

Optische Eigenschaften s. Erdöl.

Chemisches Verhalten: Verhalten gegen Luft, Sauerstoff, Ozon: s. bei Erdöl. Verhalten gegen Schwefelsäure: Raffi-

niertes Benzin darf, mit Schwefelsäure geschüttelt, letztere nicht färben.

Physiologische Eigenschaften: Benzindämpfe erzeugen beim Einatmen Übelkeit und Ohnmacht.

Materialprüfung[1]): Die Bestimmung der Dichte geschieht mittels Aräometer oder Mohrscher Wage. Verdampfungsprobe: Extraktionsbenzin, gutes Motorbenzin usw. dürfen keinen Rückstand hinterlassen, wenn sie auf einem Uhrglas auf dem Wasserbad verdampft werden. Fraktionierte Destillation: Diese Probe wird in der Regel mit dem sog. Englerkolben ausgeführt. Für zollamtliche Zwecke ist ein besonderer Apparat vorgeschrieben.

Bestimmung der aromatischen Kohlenwasserstoffe: Man schüttelt in einem graduierten Mischzylinder 50 ccm Benzin mit 50 ccm Schwefelsäure (80 Vol. konzentr. und 20 Vol. rauchende Säure) 15 min lang, und läßt abstehen. Die Volumabnahme des Benzins mit 2 multipliziert, gibt die Volumprozente schwerer (aromatischer) Kohlenwasserstoffe an.

Raffinationsgrad: Rohbenzin kann schwach gelblich gefärbt sein. Raffiniertes Benzin muß in 10 cm dicker Schicht absolut farblos sein. Konzentr. Schwefelsäure darf beim Schütteln mit Benzin nicht gefärbt werden.

Verwendung[2]): a) Beleuchtung mit flüssigem Benzin: Verwendet werden offene Lampen (Ligroin- und Gasolinlampen) und geschlossene Sicherheitslampen (Grubenlampen).

b) Beleuchtung mit vergastem Benzin: Das Benzin wird entweder durch Erhitzen vergast und die Dämpfe in geeigneten Lampen verbrannt, oder man leitet Luft durch leichtes Benzin, wobei sie sich mit Benzindämpfen sättigt (karburiert) und verwendet dieses Gemisch als Leuchtgas (Luftgas, Benoid-, Pentair-, Aerogengas. Am zweckmäßigsten ist die Verwendung des Luftgases als Gasglühlicht).

c) Heizung: Wird selten, und dann in gasförmigem Zustande für Heizzwecke verwendet (Lötlampen, Lötkolben, Koch- und Laboratoriumsbrenner).

d) Für motorische Zwecke zum Betrieb von Benzinmotoren (Stabile Motoren, Automobile, Flugzeuge).

e) Für Extraktionszwecke zur Extraktion animalischer und vegetabilischer Öle und Fette aus Samen, Knochen, Abfällen aller Art usw., sowie zur Extraktion von Wohlgerüchen aus Blüten.

f) Chemische Reinigung für Stoffe, Kleider, Handschuhe usw. (Fleckwasser), zum Reinigen der Lettern in der Buchdruckerei (Putzöl).

g) Als Lösungsmittel für Harze, Gummi und Kautschuk, Phosphor, Schwefel, Jod, Lacke und Firnisse.

h) Als Terpentinölersatz (Lackbenzin, white sprit) ist der Anteil, welcher bei der Rektifikation des Benzins als Rückstand in der Blase zurückbleibt. — Kommt unter verschiedenen Phantasienamen in den Handel wie: Turpentin, Paintöl, Turpintyne, Turmintine, Ganzol, Sangajol. — Siedet meist zwischen 130° und 180° C (s. weiter unter: Zusammenfassung der technischen Eigenschaften).

i) Benzinseifen kommen flüssig, salbenartig und pulverförmig in den Handel, und sind saure Kali- oder Ammoniakseifen aus Olein und anderen geeigneten Fettsäuren (bei pulv. Seifen nimmt man Stearin). Man stellt die Seifen aus der betreffenden Fettsäure und Ätzkalilauge von 33° Bé oder Ammoniaklösung von 25% her und inkorporiert Benzin. — Werden zum Reinigen von Stoffen benützt.

Ersatzstoffe, Fälschungen: Wird manchmal mit Benzol verfälscht. — Für viele Zwecke, besonders für den Betrieb von Motoren wird an Stelle des Benzins das billigere Benzol verwendet. — Dient andererseits zum Verfälschen des Terpentinöls.

Zusammenfassung der technischen Eigenschaften und der warenkundlichen Merkmale: Man unterscheidet in Amerika:

	Spezifisches Gewicht	Siedepunkt C
C-Naphta	0,666—0,707	65°— 70°
B-Naphta	0,707—0,722	80°—100°
A-Naphta	0,722—0,737	100°—150°

Die drei Sorten heißen auch im Handel: Petroläther, Handelsbenzin und Ligroin (wenn schwer: Putzöl).

Mit Gasolin bezeichnet man in Österreich leichtes Benzin von der Dichte 0,640, in Rußland aber die schweren Benzine von der Dichte 0,740—0,780.

Die Internationale Petroleumkommission hat 1912 genaue Normen für die Qualitätsbeurteilung von Benzinen festgesetzt. Der Deutsche Automobilklub schreibt für Luxusautomobilbenzin eine Dichte von 0,685—0,700 und für Nutzwagenbenzin 0,705—0,720 vor. — Im Benzinhandel unterscheidet man: Rohbenzin (leicht und schwer), raffinierte Rohbenzine, rektifizierte Benzine, rektifizierte und raffinierte Benzine. — Je nach dem Verwendungszweck werden verschiedene Ansprüche an das Benzin gestellt:

a) für Ligroin- oder Gasolinlampen nimmt man in der Regel Mittelsorten von 60° bis 100° Siedeintervall. — Für Sicherheits-

lampen (Grubenlampen) soll das Benzin nur geringe Mengen unter 60° C siedender Anteile, und keine über 150° C siedenden Anteile enthalten. — Für die Aerogengaserzeugung muß leichtes Benzin mit engen Siedegrenzen verwendet werden (70 bis 100° C).

b) Motorenbenzin wird je nach der Konstruktion des Motors, bzw. Karburators in sehr verschiedener Qualität gefordert.

c) Extraktionsbenzin muß möglichst enge Siedegrenzen besitzen, fett- und geruchfrei sein. Meist werden Benzine verlangt, die zwischen 60° und 100° C oder 80° und 120° C sieden. — Fleckwasser siedet meist zwischen 60° und 110° C, Putzöle bis zu 150° C.

d) Terpentinölersatz soll zwischen 130° und 180° sieden, und einen Flammpunkt von mindestens 21° C besitzen.

Volkswirtschaftliches: Der Weltverbrauch an Benzin dürfte etwa 2 Mill. Tonnen betragen und zwar davon:

	Tonnen
Vereinigte Staaten	1 000 000
England	200 000
Frankreich	150 000
Deutschland	150 000

Literatur:

Siehe Angaben unter Rohöl; ferner:
1. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, Berlin 1918, 5. Aufl., S. 99.
2. Engler u. Höfer, Das Erdöl, Leipzig 1916, IV.

3. Leuchtpetroleum, Petroleum, Lampenöl; franz.: pétrole, huile lampant; engl.: Petroleum; russ.: Kerosin.

Chemische Natur vgl. Erdöl. Leuchtpetroleum ist eine leicht bewegliche Flüssigkeit.

Thermische Eigenschaften: Siedepunkt: Meist zwischen 150° und 270° C oder höher. Zersetzungstemperatur: Je nach Sorte bei 300° C und höher. Dichte: Je nach Sorte und Herkunft zwischen 0,790 und 0,860. Ausdehnungskoeffizient:

für 1° C	0,00079	für Dichte 0,760—0,780
	0,00077	„ „ 0,800—0,810
	0,00075	„ „ 0,820—0,830
	0,00072	„ „ 0,840—0,850

Spezifische Wärme; Verdampfungswärme (Verbrennungswärme, Heizwert) s. bei Erdöl. Entflammungspunkt: Meist zwischen 20° und 40° C. — Die gesetzlich zulässige unterste Grenze für den Flammpunkt (bestimmt mit dem Apparat von Abel-Pensky) ist in: Deutschland und Österreich-Ungarn 21° C. — Rußland 28° C. — England 22,8° C. (73° F.)

Die innere Reibung (Viskosität) soll nicht größer sein als 1,1—1,8 — gemessen im Petroleum-Viskosimeter von Engler.

Die Kapillarität: Die Zufuhr des Öls aus dem Behälter der Lampe beruht auf der Kapillarität des Dochtes, und ist abhängig von der Zähigkeit des Öls (Viskosität), der Kapillaritätskonstante, der Dichte des Öls und dem Radius der Dochtkapillaren[1]).

Verhalten gegen Licht: Durch längere Einwirkung von Sonnenlicht (und Luft) färben sich alle Leuchtöle gelb bis braun. Lichtbrechung; Verhalten im polarisierten Licht: s. bei Erdöl. Farbe: Wasserhell bis strohgelb, mit blauer Fluoreszenz.

Chemisches Verhalten: Verhalten gegen Luft, Sauerstoff und Ozon, Wasserstoff und Halogene, Wasser und andere chemische Stoffe; Feuchtigkeitsaufnahme vgl. Erdöl.

Verhalten gegen Schwefelsäure: mit Schwefelsäure geschüttelt darf sich diese höchstens kirschrot, aber nicht dunkler färben.

Physiologische Eigenschaften: s. bei Erdöl.

Materialprüfung[2]): Die Dichte wird mit dem Aräometer oder der Mohrschen Wage bestimmt; für die Bestimmung des Flammpunkts sind in verschiedenen Ländern verschiedene Apparate vorgeschrieben:

Land	Apparat
Deutschland	Abel-Pensky
Österr.-Ungarn	Abel-Pensky
Nordamerika	Tagliabue, Saybold
Frankreich	Granier
Belgien	Granier
Holland	Parish
Japan	Burning-Test-Apparat
Schweden	alter dänischer Apparat

Die Farbe wird mit dem Erdöl-Kolorimeter von Stammer bestimmt, bei welchem die Dicke einer Petroleumschicht gemessen wird, welche die gleiche Färbung zeigt wie eine Normalglasplatte von bestimmter Dicke und Färbung. Die üblichen Handelsmarken ergeben auf dem Stammerschen Kolorimeter folgende Ablesungen:

Standard White	50 mm
Prima White	86,5 mm
Superfine White	199,5 mm
Water White	300—320 mm

Ferner ist das Kolorimeter von Wilson vielfach im Gebrauch. Zähflüssigkeit (Viskosität), wird bestimmt mit dem Leuchtöl-Viskosimeter[3]).

Destillationsprobe mit dem Englerkolben.

Leuchtkraft wird mit dem Photometer bestimmt und in „Normalkerzen" ausgedrückt. — In Deutschland ist als

Lichteinheit die Hefner-Altenecksche Amylazetatlampe gebräuchlich.

Vergleich zwischen verschiedenen gebräuchlichen Lichteinheiten.

1 internationale Kerze = 0,104 Carcel, = 1,11 Hefnereinheiten, = 1,0 amerikanische Kerze, = 1,0 Bougie décimale.

Verwendung: 1. Beleuchtung in Lampen in freier Luftzuführung, und in solchen, bei denen die Luftzufuhr durch geeignete Mittel (Zylinder) reguliert wird.

In gasförmigem Zustande als Petroleumgas (Luftgas) oder nach vorheriger Vergasung (Dampf-Glühlichtbrenner).

2. Für motorische Zwecke nur in untergeordnetem Grade.

3. Für Heizung in flüssigem und vergastem Zustande in entsprechenden Apparaten.

4. Verschiedene Zwecke: Petrolseifen, Reinigung von Wolle, gegen Pflanzenschädlinge, in der Kosmetik (Haarpetrol.), zum Denaturieren von Kochsalz.

Ersatzstoffe: Petroleum wird wohl nicht verfälscht, dient aber häufig zur Verfälschung von Terpentinöl.

Zusammenfassung der technischen Eigenschaften und der warenkundlichen Merkmale: Die wichtigste Eigenschaft ist gutes Brennen auf der Lampe. Die Anforderungen an ein gutes Leuchtöl hängen ganz von der Lampenkonstruktion ab. Die gebräuchlichen Lampenkonstruktionen lassen es wünschenswert erscheinen, daß das Lampenöl möglichst wenig hochsiedende Anteile (über 270° C) enthält. — Das Öl soll schwefelfrei sein. Die handelsüblichen Anforderungen an verschiedene Petroleumsorten sind:

a) Amerikanisches Petroleum: Die Vorschriften der Newyorker Börse lauten: Raffiniertes Petroleum soll „standardweiß" oder besser sein, — der Brennpunkt soll mindestens 110° F (43,3° C) betragen nach Saybold. — Dichte nicht über 40° Bé (0,825).

Zur Ausfuhr nach Deutschland gelangt fast ausschließlich Petroleum mit schwach gelber Färbung und einem Flammpunkt von 21° C (nach Abel-Pensky).

b) Russisches Petroleum (Kerosin) ist schwerer als amerikanisches (0,820 bis 0,825 bzw. 0,830—0,835). — Der Flammpunkt beträgt mindestens 28° C Abel, und bei den schweren Sorten bis zu 45° C. — Das Kerosin ist sehr kältebeständig (unter —20° C).

c) Galizisches Petroleum hat je nach Sorte eine Dichte von 0,808—0,822; die leichten Sorten haben einen Flammpunkt von 21°—26° Abel, die schweren bis zu 32° Abel. — Es kommen Sorten in den Handel, die sehr kältebeständig sind (—17° C) und auch paraffinhaltige, stockige Sorten.

d) Rumänisches Petroleum: Auch da gibt es kältebeständige und stockige Sorten. Dichte und Flammpunkt sind sehr verschieden. — Die Lampen müssen sehr gute Luftzufuhr haben, sonst brennt das Öl mit roter, rußender Flamme.

e) Sumatrapetroleum ist das nach der Qualität beste Petroleum. Im Handel befinden sich besonders die Sorten: „Crown", Dichte 0,805—0,807; Flammpunkt 26° C Abel; — Farbe: „Prima White"; — und „Waterwhite", Dichte 0,799—0,800, Flammpunkt 37°—38° C Abel, Farbe: „Superfine White".

Volkswirtschaftliches: Eine Statistik über die Weltproduktion von Leuchtöl besteht nicht. Leuchtölerzeugung in den Vereinigten Staaten 1911: 6 Mill. Tonnen, in Galizien 1911: 540 000 t, in Rumänien 1911: 385 000 t. Leuchtölverbrauch in Deutschland im Jahr: rund 800 000 t.

Leuchtölausfuhr in Tonnen (1909).

Vereinigte Staaten	2 932 098
Rußland	410 871
Rumänien	261 000
Österr.-Ungarn	232 732

G. Spieß[4]) berechnet die Ausfuhrfähigkeit verschiedener Erzeugungsländer an Leuchtöl für das Jahr 1913:

	Tonnen
Vereinigte Staaten	3 200 000
Rußland	1 400 000
Rumänien	390 000
Österr.-Ungarn	400 000
Holländisch Indien	480 000

Literatur:

Siehe bei Erdöl, außerdem:
1. Engler u. Höfer, Das Erdöl, Hirzel, Leipzig 1916, I, 118.
2. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, Berlin 1918, 5. Aufl., S. 189.
3. Ebenda.
4. Zwei Denkschriften zum Petroleummonopol, Berlin 1913.

4. Putzöl. Unter diesem Namen kommen sehr verschiedene Mineralölprodukte in den Handel, und man findet Öle, die zwischen 100°—150° sieden, und andererseits ganz schwere Fraktionen, über 300° siedend.

Prüfung: Man prüft auf Dichte mittels Aräometer, Flammpunkt mit Pensky-Martens-Apparat und auf die Anwesenheit saurer Bestandteile (Kreosote). Letztere werden bestimmt durch 5 min langes Schütteln von 100 ccm Öl mit dem gleichen Vol. Natronlauge von 15—20° Bé. Die Volumabnahme des Öls gibt den Kreosotgehalt.

Verwendung: zum Reinigen von Maschinenteilen.

Technische Eigenschaften: Das Öl soll keine sauren Bestandteile enthalten und nicht feuergefährlich sein, d. h. einen Flammpunkt von mindestens 80° C haben.

5. Gasöl.

Prüfung: Wie bei Putzöl, doch wird noch weiter bestimmt:

1. der Schwefelgehalt nach der Methode von Carius,
2. der Vergasungswert[1]).

Verwendung: Zur Erzeugung von Ölgas durch Zersetzung des Öls in glühenden Retorten. — Das Gas wird in komprimiertem Zustande besonders zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen benutzt. Eine vielbenutzte Art des Gases ist das sog. „Blaugas".

Technische Eigenschaften: Das Öl soll bei richtiger Vergasung eine möglichst große Gasausbeute mit möglichst hohem Heizwerte liefern.

Literatur:

1. Holde, Untersuchung der Kohlenwsserstofföle, Berlin 1918, 5. Aufl., S. 219.

6. Treiböl.

Prüfung: Es werden in der Regel bestimmt: Die Dichte mittels Aräometer; der Flammpunkt mit Pensky-Martens-Apparat; saure Bestandteile durch Schütteln mit Natronlauge (s. bei Putzöl); — Verbrennungswärme (Heizwert).

Verwendung: Zum Treiben von Motoren. Als Treiböle können entweder Rohöle oder gewisse Fraktionen derselben verwendet werden. Wichtig ist die Abwesenheit mechanischer Verunreinigungen und ein möglichst hoher kalorischer Wert (9000 bis 10 000 kal). Die Dichte schwankt meist zwischen 0,8 und 0,9.

7. Heizöl.

Prüfung: Bestimmt werden: Wassergehalt und mechanische Verunreinigungen, Dichte, Flammpunkt und Heizwert. (Über die Bestimmungen s. bei Rohöl.)

Verwendung: Als Heizmaterial an Stelle von Kohlen. Das Öl wird zu diesem Zweck durch eigene Apparate (Forsunka) mittels Dampf, Preßluft oder mittels Druckpumpe in den Feuerraum zerstäubt eingeblasen und verbrannt.

Technische Eigenschaften: Die Eigenschaften sind sehr verschieden, je nachdem Rohöl, Destillationsrückstände oder Fraktionen von Rohölen in Frage kommen. — Die wichtigsten Eigenschaften sind der Heizwert, der Flammpunkt, der wegen Feuergefährlichkeit mindestens 70° C betragen soll, und die Viskosität, weil sich hochviskose Öle schlecht oder nur nach entsprechender Anwärmung zerstäuben lassen. — In kalten Klimaten ist auch der Erstarrp. zu berücksichtigen.

8. Transformatorenöle.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: Vgl. Erdöl.

Verwendung: In der Elektrotechnik als Isolatorenöl für Transformatoren, Schalter und Widerstandskästen.

Technische Eigenschaften: Transformatorenöle und Schalteröle müssen vollkommen wasser- und säurefrei sein, und sollen weder Schwefel noch fette Öle enthalten. Bei mehrstündigem Erhitzen auf 120° C sollen die Transformatorenöle nur wenig nachdunkeln und keine Trübungen oder Niederschläge zeigen. Bei Einwirkung des Hochspannungsstromes sollen keine Niederschläge entstehen. — Erwünscht ist ein hoher Flammpunkt und ein Erstarrp. unter —15° C. Die Schalteröle müssen wegen der Funkenbildung des Kontaktes besonders hoch entflammen. (Vgl. auch: Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl. S. 228, Berlin 1918.)

9. Staubbindende Öle.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: Vgl. Erdöl.

Verwendung: Imprägnieren von Straßen und Fußböden zur Verhinderung der Staubentwicklung.

Technische Eigenschaften: Am besten bewährten sich reine Mineralöle von nicht zu großer Zähflüssigkeit (nicht über 6,5 Engler-Graden bei 20° C), die möglichst schwachen Geruch besitzen.

10. Schmieröle.

Chemische Zusammensetzung: Vgl. Erdöl.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: S. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl. S. 238, Berlin 1918.

Verwendung: Zum Schmieren von Spindeln (in Spinnereien), Eismaschinen, Kompressoren, Maschinenlagern, Transmissionen, Dynamomaschinen, Motorzylindern, Eisenbahnwagenachsen, Dampfzylindern u. a. m.

Technische Eigenschaften: a) Spindelöle: Leichtflüssige, helle Öle, Viskosität Engler 5—15 bei 20°, Flammpunkt 140—200° Pensky.

b) Eismaschinen- oder Kompressoröle: leichtflüssig, Viskosität 4,5—15 bei 20°, Erstarrp. unter —20°, Flammpunkt 140—180° Pensky.

c) Leichte Maschinen-, Transmissions- und Dynamoöle: Viskosität 9 bis 25 bei 20°, Flammpunkt 170—220° Pensky.

d) Motorenöle: 1. für kleine Gasmotoren: Viskosität 12—77 bei 20° C, 3,4—8 bei 50° C, Flammpunkt 190—210° Pensky. — 2. für Großgasmotoren: Viskosität 77—130° bei 20° C, 8—15 bei 50° C, Flammpunkt 210° und mehr nach Pensky. — 3. Automobilzylinderöle: Viskosität 20 bis 85 bei 20° C, 4,5—11 bei 50° C, Flammpunkt 185—215° Pensky.

e) Schwere Maschinen- und Transmissionsöle: Viskosität 25—50 bei 20° C, Flammpunkt 190—220° Pensky.

f) Dunkle Eisenbahnwagen- und Lokomotivöle[1]): 1. Sommeröle: Viskosität 40—60 bei 20° C, Flammpunkt über 140° Pensky. — 2. Winteröle: Viskosität 25—45 bei 20° C, Flammpunkt über 140° Pensky. — Erstarrp. unter —5° (Sommer), unter —20° (Winter).

g) Dampfzylinderöle: Viskosität 25 bis 45 bei 50° C, Flammpunkt über 250° Pensky. — Heißdampfzylinderöle: Viskosität 45—60 bei 50°, Flammpunkt 280—360° Pensky.

11. Konsistente Maschinen- und Wagenfette.

Namen: Je nach Verwendungsart und Zusammensetzung unterscheidet man: Tovotefette, Kompoundfette, Stopfbüchsenfette, Seilschmieren, Kettenschmieren, Walzenfette, Kammradschmieren, Riemenfette, Adhäsionsfette, Wagenfette u. a. m.

Chemische Zusammensetzung: Die meisten konsistenten Fette sind Auflösungen von 15—23% Kalkseife oder einer Mischung von Kalk- und Natronseife in Mineralöl, mit einem Zusatz von 1—4% Wasser. In der Regel wird das Fett noch (meist gelb) gefärbt.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: Man bestimmt in der Regel: Tropfpunkt, Konsistenz, freie Fettsäuren, Unverseifbares (Neutralfett und Mineralöl), freien Kalk, Verunreinigungen und Zusätze. (Vgl. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl. S. 311, Berlin 1918.)

Verwendung: S. unter Namen.

Technische Eigenschaften: Das Fett muß eine homogene, salbenartige Masse vorstellen, säurefrei sein und beim längeren Stehen weder Öl noch Seife absondern.

12. Wasserlösliche Mineralöle.

Chemische Zusammensetzung: Lösungen von Ammoniak-, Kali- oder Natronseifen (aus Ölsäuren, Fettschwefelsäuren, Harzsäuren, Naphthensäuren) in Mineralölen meist unter Zusatz von etwas Alkohol.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: S. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl., S. 340, Berlin 1918.

Verwendung: Als Schmiermittel für Werkzeugmaschinen, zum Einfetten von Wolle, Tuchen, als Rostschutzmittel, Straßensprengöl (Westrumit), Bohröl.

Technische Eigenschaften: Die wichtigste Eigenschaft ist gute Emulgierbarkeit mit Wasser. Die Emulsionen, zu denen 2—10% Öl verwendet werden, müssen sich längere Zeit halten.

13. Vaselin.

Chemische Zusammensetzung: Man unterscheidet sog. Naturvaselin (amerikanische Vaselin) und Kunstvaselin (unguentum paraffini). Erstere wird durch Raffination der salbenartigen Destillationsrückstände gewisser Rohölsorten hergestellt (weißes, gelbes Vaselin). Letztere ist eine Auflösung von Paraffin und Ceresin in stark raffiniertem, mittelschwerem Mineralöl, dem sog. Vaselinöl (Paraffinum liquidum).

Dichte: 0,825—0,885.

Schmelzpunkt: Meist 35°—40° C.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: Vgl. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl. S. 360, Berlin 1918.

Verwendung: Als Rostschutzmittel, Schmiermittel, in der Pharmazie (Medizinalvaselin).

Technische Eigenschaften: Von technischem Vaselin wird verlangt, daß es die richtige Konsistenz besitze und säurefrei sei. — Medizinalvaselin muß völlig neutral reagieren, es müssen sich Wasser und gewisse Substanzen, wie Jod, Schwefel, Borsäure leicht inkorporieren lassen. Mit dem gleichen Volumen konz. Schwefelsäure in einer Porzellanschale verrieben darf sich das Gemisch innerhalb einer halben Stunde höchstens bräunen, nicht aber schwärzen.

14. Goudron nennt man den weichen, asphaltartigen Rückstand, der nach dem Destillieren von Erdöl im Destilliergefäß zurückbleibt. — Erdölpech wird er genannt, wenn er hart und pechartig ist.

Physikalische, chemische und technische Prüfung: S. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle, 5. Aufl., S. 389, Berlin 1918.

Verwendung: Zusatz zu natürlichem Asphalt, Wagenfett, Walzenschmiere, Imprägnierungsmittel, Dachpappen, Isolierplatten.

R. Wischin.

[1]) Vgl. Vorschriften der preußischen Staatsbahnen.

II. Pflanzliche und tierische Fette und Öle.

A. Verfahren für die Untersuchung der Fette, Öle, Wachse und Harze.

Allgemeines: Handelt es sich um die Feststellung der Reinheit eines bekannten Öles, so verfährt man nach Maßgabe der unter dem jeweiligen Öl usw. angeführten Hinweise. Vor allem werden spez. Gew., Verseifungszahl und Jodzahl, bzw. Brechungskoeffizient zu ermitteln sein. Dies wird in vielen Fällen schon ausreichen, um zu erkennen, ob eine Verfälschung vorliegt, und daß eine genauere Untersuchung erforderlich ist.

Unbekannte Öle untersucht man vorteilhaft zunächst auf ihre Jodzahl oder ihren Brechungsexponenten. Man kann sie hiernach in Gruppen einordnen und durch weitere Bestimmungen eine engere Auswahl der Öle usw. treffen, die dann nach Anweisung in den Sonderartikeln genauer charakterisiert werden können. Schon der Geruch wird meistens gute Hinweise geben.

Die Zusammenstellung am Schluß dieses Artikels erleichtert die Übersicht. Es sind nur die analytisch charakteristischsten Merkmale in ihr verzeichnet. Enthalten die Fette unverseifbare Stoffe, so sind diese, wie unten angegeben, zu entfernen (Methode Spitz und Hönig). Aus der Seifenlösung werden die Fettsäuren isoliert s. u. und auf Erstarrp. („Titer"), Jodzahl und Säurezahl geprüft. Bei stark oxydierten dunklen Fettsäuren, wird vorteilhaft erst eine Entfernung der Oxysäuren vorgenommen s. u. Nach Maßgabe der dabei gefundenen Werte sind dann die unten angeführten Spezialreaktionen auszuführen. Die Untersuchung von Gemischen setzt Übung voraus, die nur durch Arbeit an bekanntem Material zu erwerben ist. Nur auf Grund von Literaturangaben sind solche Untersuchungen kaum auszuführen.

I. Verunreinigungen.

Bestimmung des Wassergehaltes:

a) Nach Hofmann-Marcusson[1]): 100 g Öl, bei wasserreichen entsprechend weniger, werden mit Xylol, das vorher durch Schütteln mit Wasser gesättigt ist, im Ölbade destilliert. Zur Verhinderung des Stoßens dienen getrocknete Bimssteinstückchen. Als Vorlage benutzt man einen unten in eine dünne graduierte Röhre ausgezogenen Zylinder. Man destilliert, bis etwa 90 ccm übergegangen sind, stößt die an den Wänden haftenden Wassertröpfchen mit einem dünnen Glasstab herunter und liest das Volumen des Wassers ab (Abb. 1).

b) Nach Fahrion[2]): 3—5 g des Öles (genau gewogen) oder Fettes werden im Platintiegel durch Wedeln mit kleiner Flamme vorsichtig erhitzt, bis das Öl usw. schaumfrei fließt. Um Spritzen zu verhüten, beginnt man den Tiegel oben zu

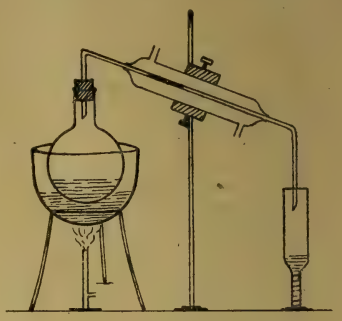


Abb. 1.

erhitzen. (Die Methode bedarf einiger Übung, gibt aber in kürzester Zeit technisch ausreichende Resultate.) Der Gewichtsverlust ist = Wassergehalt.

Schmutz: 10—20 g des Öles werden in Benzol oder einem anderen Lösungsmittel gelöst und durch ein gewogenes Filter filtriert, mit dem Lösungsmittel nachgewaschen und nach dem Trockenen wieder gewaschen. Durch Veraschen kann dann noch der mineralische Anteil des „Schmutzes" ermittelt werden.

II. Physikalische Prüfungen.

a) Spez. Gew. kann in gewohnter Weise aräometrisch bestimmt werden. Ablesung frühestens nach 15 Min., bei viskoseren Ölen nach längerer Zeit.

b) Genauer pyknometrisch. Empfehlenswert das Ölpyknometer nach Holde Abb. 2 (Lieferant: Dr. H. Göckel, Berlin

Abb. 2.

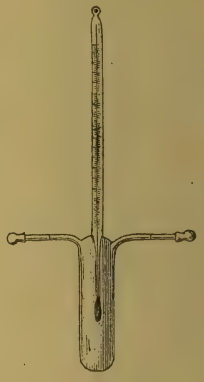


Abb. 3.

NW 6). Der Inhalt ist genau 5 oder 10 ccm bei 15°, so daß das spez. Gew. der 5. oder 10. Teil des absoluten Gewichtes der Ölfüllung ist.

c) Bei kleinen Mengen Öl, festen Fetten und Wachsen nach der Schwimmmethode: Vorsichtiges Eintropfenlassen in verschieden verdünnte Alkohole und Beobachten, in welchem Alkohol der Tropfen nach oben steigt. Zu dieser Probe fügt man nun, gut mischend, tropfenweise Wasser, bis der Fetttropfen in die Mitte der Lösung gebracht weder steigt noch fällt. Die Bestimmung der Dichte des so verdünnten Alkohols gibt gleichzeitig die des Objekts Bei alkohollöslichen Ölen, wie Rizinusöl oder solchen mit viel freien Säuren nicht anwendbar.

d) Bei hohen Temperaturen benutzt man das Pyknometer nach Sprengel (Abb. 3), das man durch Einsaugen des geschmolzenen Fettes usw. füllt, in ein Wasserbad konstanter Temperatur taucht und nach Absaugen des überschüssigen Öles mit Filtrierpapier bis zu den Marken wägt. Ölgewicht: Wassergewicht = Dichte des Öles. Bei allen Bestimmungen des spez. Gewichtes ist die Temperatur zu beobachten. Das Ergebnis kann auf andere Temperaturen umgerechnet werden. Ist das spez. Gew. bei $t^0 = d$ gefunden, so ist es bei $t_1^0 = d\,\frac{1+\alpha t}{1+\alpha t_1}$, wenn α der Ausdehnungskoeffizient ist (α ist bei den einzelnen Fetten und Ölen angegeben). Für technische Untersuchungen genügt es, bei nicht allzusehr von einander abweichenden Temperaturen für je 1° Temperaturdifferenz 0,0007 abzuziehen oder zuzuzählen, je nachdem auf höhere oder tiefere Temperatur umgerechnet wird.

Brechungsvermögen: Dies wird in bekannter Weise mit dem Abbeschen Refraktometer oder dem Zeißschen Butterrefraktometer bestimmt. Die Zahlen des Zeißschen Butterrefraktometers entsprechen folgenden Brechungsexponenten bei Beobachtung im Natriumlicht:

Skalenteil	n_D	Differenz für 1 Skalenteil
0	1,4220	0,00080
5	1,4260	
10	1,4300	0,00080
15	1,4339	0,00078
20	1,4377	0,00076
25	1,4415	0,00076
30	1,4452	0,00074
35	1,4488	0,00072
40	1,4524	0,00072
45	1,4559	0,00070
50	1,4593	0,00068
55	1,4626	
60	1,4659	0,00066
65	1,4691	0,00064
70	1,4723	0,00064
75	1,4754	0,00062
80	1,4783	0,00058
85	1,4812	0,00058
90	1,4840	0,00056
95	1,4868	0,00056
100	1,4895	0,00054

Die Anwendung des Butterrefraktometers auf solche Öle, deren Brechungsvermögen außerhalb seines Bereichs liegt, läßt sich durch Mischung mit einem Öl oder Lösungsmittel bekannter niederer oder höherer Refraktion erreichen. Ist der Brechungskoeffizient der Mischung = n, ihre Dichte = d, der Brechungskoeffizient des zugesetzten Öles usw. = n_1, der Gehalt der Mischung an dem zu untersuchenden Öl = v Volumprozente, so ist der gesuchte Brechungskoeffizient

$$= 1 + \frac{1}{v}\,[100\ (n-1) - (n_1-1)\ (100-v)].$$

Schmelzpunkt: Von dem geschmolzenen und beim Erstarren gut durchgerührten Material werden an verschiedenen Stellen kleine Teilchen entnommen und in eine Kapillare (etwa 1 mm lichte Weite) eingeführt. Nach mindestens 1tägigem Stehen (da sonst wegen Unterkühlung ein zu niedriger Schmp. gefunden werden kann, wird in gewohnter Weise im Wasserbade oder in Paraffinöl erwärmt. In der Nähe des Schmp. so, daß die Temperatur in 1 Minute nicht mehr als 1° steigt. Die Fette, Harze und Wachse haben meist keinen einheitlichen Schmp. Man beobachtet den Beginn des Schmelzens (Zusammensintern und Durchscheinen an den Rändern) und Ende des Schmelzens. (Völlige klare Durchsichtigkeit der ganzen Masse.)

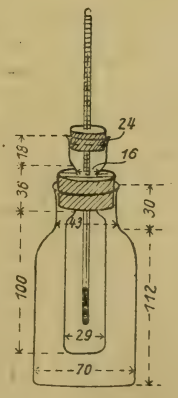


Abb. 4.

Erstarrungspunkt: (Verfahren von Shukoff[3]) (Apparat s. Abb. 4) 30—40 g werden im Gefäß a geschmolzen. Einige Grade oberhalb des (vorher annähernd ermit-

telten) Erstarrp. wird der Apparat stark und regelmäßig geschüttelt, bis der Inhalt deutlich trübe und undurchsichtig geworden ist. Nun wird, ohne Schütteln, jede halbe Minute beobachtet, bei welchem Punkt das Thermometer (zweckdienlich in $^1/_5{}^0$ geteilt) einige Zeit stehen bleibt oder bis zu welchem Grad es ansteigt. Für technische Zwecke erhält man meist auch mit kleineren Mengen genügend genaue Resultate; der Apparat kann durch Reagenzrohr und Glasflasche in entsprechend verkleinertem Maßstabe improvisiert werden.

Fettsäuren-Schmelz- und -Erstarrungspunkt: 50 g Fett werden mit 300 ccm alkoholischer Normalkalilauge am Rückflußkühler 1 Stunde gekocht, die Reaktionsflüssigkeit auf dem Wasserbade vom Alkohol befreit, die Seife mit Wasser aufgenommen, die Seifenlösung mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt und die Fettsäuren durch Erhitzen als klare ölige Masse an der Oberfläche gesammelt. Man zieht nun das Wasser mit einem Heber ab, wäscht mit heißem Wasser, bis dies keine Mineralsäurereaktion mehr zeigt (keine Rosafärbung mit Methylorange nach Erkalten). Die flüssigen Fettsäuren werden im Heißwassertrichter durch ein trockenes Filter filtriert, Schmp. und Erstarrp. wie oben bestimmt. (Über das Verfahren von Finkner und dessen Apparat s. Literatur[4]). Dieses gibt 0,3 bis 0,7° höhere Werte, als das hier beschriebene.

Chemische Prüfungsmethoden:

Säurezahl (SZ.): Hierunter versteht man die Anzahl der mg KOH, die die freien Säuren in einem Fett und dergleichen zur genauen Neutralisation bedürfen.

Die Menge der freien Säuren berechnet man gewöhnlich als Ölsäure, ohne Rücksicht, ob die freie Säure tatsächlich Ölsäure ist oder nicht, ausgenommen Kokosfett s. d. Die Umrechnung geschieht durch Multiplikation der SZ. mit 0,504 (da Ölsäure die SZ. = 198,4 hat).

Bestimmung der SZ. Nötige Lösungen: Alkoholische ½ normal Kalilauge (28 g KOH in 1 L). Wäßrige ½ normal Schwefelsäure. Als Indikator wird Phenolphtaleinlösung oder bei dunkleren Lösungen zweckmäßig Alkaliblau benutzt.

Ausführung: Etwa 3—5 g Fett (genau gewogen) werden in einem Gemisch von Benzol und Alkohol in einem Erlmeyerkölbchen gelöst. Benzol und Alkohol müssen neutral sein. Zusatz einiger Tropfen Phenolphtalein und Titrieren mit der alkoholischen Kalilauge, bis zur schwachen Rotfärbung. Sind von der Lauge a ccm verbraucht und betrug das eingewogene Öl usw. s g, so ist die SZ. $= \frac{28\,a}{s}$. Der Titer, der (veränderlichen) Lauge muß jedesmal nachgeprüft werden.

Verseifungszahl (VZ.) (Köttsdorferzahl): Hierunter versteht man die Anzahl mg KOH, die zur Bindung aller Fettsäuren (der freien und der gebundenen) nötig sind. Lösungen wie bei Säurezahl.

Ausführung: Etwa 3 g Substanz in einem Erlenmeyerkolben genau abwägen, Zugabe von 30—40 ccm der alkoholischen Lauge, (genau abmessen) und am Rückflußkühler über kleiner Flamme zum Sieden erhitzen. Nachdem die Lösung klar geworden ist, wird noch 10—15 Minuten weiter erhitzt, dann mit 50 ccm neutralem Alkohol verdünnt, mit einem Tropfen Phenolphtalein versetzt und mit halbnormaler Schwefelsäure bis zum Verschwinden der Rotfärbung (bzw. bei Alkaliblau bis zum Umschlag von rot in blau) titriert. Der Titer der Lauge ist durch einen Blindversuch jedesmal festzustellen.

Ist die Menge der Substanz s g, die Anzahl ccm der Kalilauge a, die der Säure b, so ist

$$VZ. = \frac{28\,(a—b)}{s}.$$

Die Verseifungszahl kann auch mit der Bestimmung der Säurezahl verbunden werden, indem man nach Titration der freien Säure eine entsprechende Menge Lauge hinzufügt und wie oben angegeben verseift und zurücktitriert. Die Verseifungszahl bietet bei Ölen und Fetten ein Maß für die Reinheit, da sie durch unverseifbare Stoffe entsprechend herabgedrückt wird. Im allgemeinen liegt die Verseifungszahl bei Fetten und Ölen zwischen etwa 190 und 200, bei Kruziferen-Ölen ist sie kleiner (s. z. B. Rüböl), bei Kokosnußfett und Palmenkernfett, auch bei einigen Tranen ist sie größer (s. d.).

Esterzahl (Ätherzahl) bedeutet die Anzahl mg KOH, die die (in Fetten als Glyzeride) gebundenen Fettsäuren zu sättigen vermag, sie ist gleich der Differenz von Verseifungs- und Säurezahl.

Eine „Esterzahl" tritt auch bei esterfreien Stoffen auf, wenn sie Säureanhydride, Laktone oder dergleichen enthalten, wie z. B. bei vielen Harzen. Man bezeichnet sie dann besser als „Differenzzahl".

Verhältniszahl ist bei der Prüfung von Bienenwachs wichtig; sie ist das Verhältnis von Esterzahl: Säurezahl.

Jodzahl: Die Jodzahl gibt die Menge von Jod (in Prozenten des Fettes) an, die das Fett durch Addition an die ungesättigten Kohlenstoffatome zu binden vermag. (In Wirklichkeit ist eine absolute Vermeidung von Nebenreaktionen nicht möglich, die

Bestimmung der Jodzahl hängt daher auch von der Methode, der Jodlösung, der Dauer und Temperatur der Bestimmung etwas ab.) Die wichtigsten Methoden sind:

Jodzahl nach Hübl mit der nach Waller veränderten Jodlösung. Nötige Lösungen: 25 g Jod und 30 g Quecksilberchlorid werden für sich in je 500 ccm Alkohol (95%) gelöst, die gegebenenfalls filtrierten Lösungen werden vereinigt und mit 50 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) versetzt. $^1/_{10}$ normale Natriumthiosulfatlösung (24,8 g reines krist. Thiosulfat in 1 L Wasser), Jodkaliumlösung 10%ig.

Ausführung: Von flüssigen Fetten werden 6—8 Tropfen (0,18—0,22 g) von festen Fetten 0,5—1 g, bei trocknenden Ölen, wie Leinöl, Holzöl, Mohnöl u. dgl. nur etwa 0,15 g genau abgewogen, zweckmäßig in einem kleinen unten zugeschmolzenen Röhrchen. Das Röhrchen mit dem Öl wird in eine Glasflasche von 300—400 ccm Inhalt, mit gut eingeschliffenem Stopfen, gegeben, 10 ccm reines Chloroform hinzugefügt und 25 ccm, bei Ölen mit hohen Jodzahlen 30 ccm der Jodlösung zugefügt. Bei Trübung der Lösung wird weiter Chloroform, bis zur völligen Klarheit zugegeben. Gleichzeitig wird in genau derselben Weise ein Blindversuch ohne Öl angesetzt, bei dem zur Abmessung der Jodlösung dieselbe Pipette zu benutzen ist. Bestimmung und Blindversuch werden darauf 24 Stunden im Dunkeln aufbewahrt. Nun wird mit 20 ccm Jodkalilösung und mit etwa 150 ccm Wasser versetzt. Sollte sich rotes Quecksilberjodid abscheiden, so wird weiter Jodkalilösung bis zur Lösung des Niederschlages zugefügt. Nun wird mit der Thiosulfatlösung titriert, gegen Schluß unter Zufügung von Stärkelösung. Unmittelbar vor oder nach der Titration der Probe wird der Blindversuch in derselben Weise (Zufügung von Jodkalilösung usw.) titriert.

Berechnung: Sind s g Substanz gewogen, bei der Titration der Versuchslösung a ccm Thiosulfatlösung, bei dem Blindversuch b ccm verbraucht worden, so ist die

$$\text{J.Z.} = \frac{1{,}268\ (b-a)}{s}.$$

Jodzahl nach Wijs: 8,5 g Jod werden in 1 L Eisessig aufgelöst; dann wird gewaschenes und getrocknetes Chlor eingeleitet, bis die braune Farbe der Jodlösung gerade in eine rötlichgelbe umschlägt. Ist dieser Punkt nicht genau erfaßt worden, so kann durch tropfenweise Zugabe von einer Eisessigjodlösung der Überschuß von Chlor gebunden werden. Bei richtiger Herstellung ist der Titer der Chlorjodlösung (nach Zugabe von Jodkali mit Thiosulfat bestimmt) gegen den ursprünglichen Titer der Eisessigjodlösung genau verdoppelt. Statt dieser Herstellung können auch 7,8 g Jodtrichlorid und 8,5 g Jod in Eisessig aufgelöst, die vereinigten Lösungen auf 1 L aufgefüllt werden. Die Bestimmung der JZ. geschieht ebenso wie nach Hübl-Waller; zum Lösen des Öles wird aber statt Chloroform reiner Tetrachlorkohlenstoff verwendet. Die Versuchsdauer beträgt bei Ölen und Fetten, deren Jodzahl unter 100 liegt, 1 Stunde, bei trocknenden Ölen 2 Stunden. Auch hier ist jedesmal ein Blindversuch erforderlich, die Berechnung erfolgt in derselben Weise wie oben.

Jodzahl nach Winkler[5]): Von Fetten mit Jodzahl unter 100 werden 0,2—0,5 g, bei solchen mit Jodzahl 100—150 0,15—0,2 g, bei solchen über 150 0,10—0,13 g Öl in 100 ccm Tetrachlorkohlenstoff gelöst und mit 25 ccm Bromlösung (5,568 g Kaliumbromat und 40 g Kaliumbromid in 1 L Wasser) versetzt. Zugabe von 10 ccm 10%iger Salzsäure, schnelles Verschließen der Flasche mit gut eingeschliffenem Glasstopfen und vorsichtiges Durchschütteln, 2 Stunden im Dunkeln stehen lassen (bei Tran sind bisweilen 4 Stunden erforderlich). Bei festen Fetten genügt 1 Stunde. Vorsichtiges Öffnen des Stopfens und sofort unter Abspülen des Stopfens 15 ccm 10%ige Jodkaliumlösung und etwa 150 ccm Wasser zusetzen und mit $^1/_{10}$ normal Thiosulfat (zum Schluß Stärkelösung zufügen) zurücktitrieren. Sind s g Substanz gewogen, a ccm Thiosulfat verbraucht, so ist die JZ. $= 1{,}268\,\frac{50-a}{s}$.

Die Jodzahlen nach Winkler bzw. Hübl-Waller stimmen gut überein, die nach Wijs sind bei Ölen mit niedrigen Jodzahlen nur wenig, bei trockenen Ölen bis zu 10 Einheiten höher. Bei Wollfett und den unverseifbaren Anteilen von Wollfettolein erhält man nach Wijs erheblich höhere Jodzahlen (bis 35 höher). Bei der Jodzahl ist daher stets die Methode anzugeben. Die bei den einzelnen Ölen angegebenen Jodzahlen sind die nach Hübl bzw. Hübl-Waller ermittelten Jodzahlen, soweit nichts anderes bemerkt ist.

Die Jodzahl bietet das beste Mittel, sofort einen Überblick zu bekommen, ob ein trocknendes, halb trocknendes oder nicht trocknendes Öl vorliegt. In der am Schluß dieses Artikels stehenden Tabelle befinden sich die wichtigsten Öle und Fette nach Jodzahlen geordnet.

Bestimmung der „unverseifbaren Stoffe". Qualitative Probe: 6—8 Tropfen werden mit etwa 5 ccm alkohol. Kalilauge (etwa ½ normal) 2—3 Min. im Reagenzrohr

gekocht, dann allmählich bis zu 15 ccm Wasser zugefügt. Dauernde Trübung oder Tröpfchen-Ausscheidung zeigt fremde unverseifbare Stoffe an. Bei schweren Mineralölen Empfindlichkeit 1—3%, bei leichteren und bei Harzöl ist oft weniger als 10% nicht sicher erkennbar. Paraffin in festen Fetten ist so bei 0,5% noch sicher zu erkennen.

Quantitative Bestimmung: Bei einem Öl oder Fett bekannter Verseifungszahl kann man die Menge der zugesetzten unverseifbaren Stoffe aus der gefundenen Verseifungszahl der Mischung berechnen. (VZ. des reinen verseifbaren Öles sei a, die der Mischung b, dann ist die Menge des „Unverseifbaren" $= 100 \left(1-\frac{b}{a}\right)\%$. Bei unbekannter Natur des verseifbaren Öles kann a als durchschnittlich 190 eingesetzt werden. Diese Berechnung ist dann natürlich eine nur näherungsweise.

Unmittelbare Bestimmung nach Spitz und König. 10 g Öl oder Fett (genau gewogen) mit 100 ccm alkohol. ½ Normal-Kalilauge am Rückflußkühler kochen. Die Seifenlösung mehrmals im Schütteltrichter mit Petroläther ausschütteln. Die vereinigten Petrolätherauszüge werden etwa 3mal mit etwa 15 ccm 50%igem Alkohol + einem Tropfen Kalilauge gewaschen und nach sorgfältiger Trennung im tarierten Kölbchen abgedampft. Das fast stets etwas Wasser enthaltende Extrakt wird mit etwa 5 ccm absolutem Alkohol bis zum Verschwinden des Alkohols im Wasserbade erwärmt, dann im Trockenschrank bei 100° nachgetrocknet und nach je 5 Min. langem Trocknen gewogen bis das Gewicht nahezu konstant ist. (Abnahme unter 5 mg.)

Leichtflüchtige Mineralöle (Benzin usw.), Terpentinöl, Harzessenz und ähnl. lassen sich ihrer Flüchtigkeit wegen so nicht bestimmen. Diese werden durch Destillation von 50—100 g Öl mit Wasserdampf bestimmt: Kühler mindestens 60 cm lang, gute Wasserkühlung. Vorlage zweckmäßig ein Kolben von 300—400 ccm mit engem, Teilung aufweisenden Hals. Aus Volumen und spez. Gew. des übergegangenen flüchtigen Öles ist das Gewicht zu errechnen.

Über die Untersuchung der Art des Unverseifbaren kann hier nur auf die Handbücher hingewiesen werden.

Untersuchung tierischer Fette auf Vorhandensein von pflanzlichen[6]).

Der Nachweis pflanzlicher Fette wird durch den Nachweis des stets in ihnen vorhandenen Phytosterin geführt; tierische Fette enthalten Cholesterin.

50 g Öl oder Fett werden mit 20 ccm 1%iger Digitoninlösung bei 60—70° 5 Min. lang gut gerührt oder geschüttelt, dann mit Benzol oder Chloroform gelöst und von der unlöslichen Verbindung des Digitonins mit dem Phyto- bzw. Cholesterin abfiltriert, diese etwas gewaschen, an der Luft getrocknet und nochmals mit Äther ausgezogen. Nach abermaligem Trocknen wird das Digitonid mit 1,5 ccm Essigsäureanhydrid im engen Reagenzröhrchen ½ Stunde erhitzt. Beim Erkalten scheiden sich die Sterinazetate aus, die mehrfach aus wenig Alkohol umkristallisiert und auf ihren Schmp. geprüft werden. (Ursprüngliche Methode von Bömer[7]) bestand im Auskristallisierenlassen der unverseifbaren Stoffe [Isolierung ähnl. wie Spitz und König] und Azetylieren wie oben). Liegt dieser bei etwa 115° (Korr.) und ändert sich bei weiterem Umkristallisieren nicht, so liegt nur Cholesterinazetat vor, also reines tierisches Fett, liegt er höher, so ist pflanzliches Öl zugegen (Phytosterinazetat schmilzt bei 125—137°). Der umgekehrte Nachweis tierischer in pflanzlichen Ölen und Fetten ist nicht so gut zu erbringen.

Prüfung auf einzelne Öle.

Erdnußöl: Vorprobe nach Holde: 0,6 bis 0,7 ccm Öl mit 5 ccm alkohol. Kalilauge (33 g KOH in 1 L 90%igem Alkohol) 2 Min. gekocht, verdampfender Alkohol wird ersetzt. Bei Gegenwart von viel Erdnußöl wird die Lösung beim Abkühlen breiig bis gallertig fest. Bleibt die Lösung klar, so erübrigt sich die genauere Untersuchung (Methode von Fachini und Doria)[8]): 18—20 g der, wie bei Schmp. und Erstarrp. beschrieben, isolierten Fettsäuren werden in 150 ccm reinem Azeton (Sp. 56/57°) unter schwacher Erwärmung gelöst, dann bis zur schwachen Trübung mit Wasser versetzt und bei 40—45° tropfenweise Azeton zugefügt, bis sich die Lösung gerade klärt. Nach 1stündigem Abkühlen auf 15° werden die auskristallisierenden festen Fettsäuren filtriert und mit 10 ccm verd. Azeton (32 Vol. Azeton + 68 Wasser). Die Fettsäuren werden dann nachgewaschen aus gemessenen Volumina 90%igem Alkohol (jedesmal 50—100 ccm) umkristallisiert bis der Schmp. 70—76° beträgt. (Ist dies nach 3—4 Kristallisationen nicht der Fall, so ist keine Arachin- und Lignozerinsäure (s. u. Erdnußöl) vorhanden. Die bei 70 bis 76° schmelzenden Kristalle können gewogen werden, ihnen ist für gelöste Arachinsäure zuzuzählen[9]): für je 100 ccm zum Umkristallisieren verwendeten Alkohol bei 0,05—0,11 gefundener Säure 0,033 g, bei 0,17—0,47 Säure 0,050 g, bei 0,5—2,7 Säure 0,070 g. Die so gefundene

korrigierte Säuremenge mit 21 multipl. gibt den annähernden Erdnußölgehalt.

Rüböl: Nachweis von Rüböl (und überhaupt Kruziferenöle, z. B. Colzaöl) nach Holde und Marcusson[10]): 20—25 g der isolierten Fettsäuren werden im doppelten Volumen Alkohol gelöst, in Kältemischung auf — 20° gekühlt und im Kältetrichter (Abb. 5) bei — 20° abgesaugt und etwas mit gekühltem Alkohol gewaschen. Filtrat eindampfen mit dem 4fachen Volum. 75 Vol. %igem Alkohol lösen, auf — 20° kühlen. Nach 1 Stunde absaugen und mit 75 %igem Alkohol waschen (alles bei — 20°!). Die ausgeschiedene Erukasäure wird mit Äther gelöst, Lösung eingedampft und von der restierenden Säure die Säurezahl bestimmt.

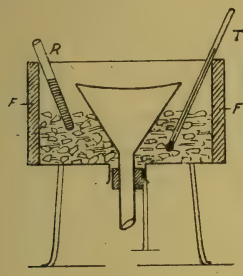


Abb. 5.

K Kältemischung
F Filzisolierung
T Thermometer
R Reagenzglas zum Kühlen der Waschflüssigkeit.

Liegt diese bei 166, so liegt Erukasäure, mithin ein Kruziferenöl vor. Schmp. der Erukasäure 33—34°. Bei großem Gehalt an festen Säuren wird die alkohol. Säurelösung zunächst auf 0° gekühlt, abgesaugt und das Filtrat auf — 20° gekühlt usf. wie oben. Empfindlichkeit etwa 20 %.

Tran: Nachweis von Tran (s. diese).

Ferner Oktobromidprobe nach Marcusson und v. Huber[11]): 10 ccm der isolierten Fettsäuren mit 20 ccm eines Gemisches von 28 Vol. Eisessig und Nitrobenzol 1 Brom. gut in Zylinder mit Glasstopfen geschüttelt. Nach einigen Stunden filtrieren und mit Äther waschen, bis Bromide rein weiß sind. Bromide mit Benzol (auf je 1 g 50 ccm) ½ Stunde am Rückflußkühler kochen, Ungelöstes im Heißwassertrichter filtrieren. Nach Trocknen Schmp. bestimmen, liegt er über 200 und färbt sich das Bromid schwarz, so liegt Tran bzw. Trangehalt vor.

Empfindlichkeit etwa 10 %.

Nicht anwendbar bei polymerisierten und gehärteten Tranen. Weniger als 1 % Oktobromid-Ausbeute ist nicht maßgebend.

Prüfung auf Holzöl nach Ilhiney[12]): 5 g Öl in 10 ccm Eisessig lösen, erhitzen und mit 50 ccm Eisessig-Jodlösung (3 %ig an Jod) versetzen. Nach ½ Stunde 50 ccm Petroläther zufügen, in Scheidetrichter überführen, trennen, noch 2mal mit Petroläther ausschütteln. Die petrolätherischen Lösungen mit Wasser waschen, dann mit Jodkalilösung (zur Entfernung freien Jods) dann wieder mit Wasser. Petroläther verdampfen; Holzöl gibt keinen Rückstand; dessen Menge kann als „fremde Öle" geschätzt werden.

Sesamöl: Je 5 ccm Öl und Salzsäure (spez. Gew. 1,19) mit 6—8 Tropfen 2 %iger Furfurollösung schütteln. Bei Gegenwart von Sesamöl ist die Säure rot gefärbt. Empfindlichkeit etwa 1 %. Bei Gegenwart von Farbstoffen, die an sich die Säure rot färben (vor Furfurolzugabe) wird das Öl so oft mit immer neuer Salzsäure geschüttelt, bis diese sich nicht mehr färbt.

Baumwollsaatöl: Halphens Reaktion[13]): Je 2 ccm Öl, Amylalkohol und 1 %ige Schwefellösung in Schwefelkohlenstoff werden im Reagenzrohr (Abb. 6) in Kochsalzlösung erhitzt. Bei Gegenwart von Baumwollsaatöl färbt sich die Reaktionsflüssigkeit rot. Tritt nach 10 Minuten keine Färbung ein, wird der verdampfte Schwefelkohlenstoff ersetzt und nochmals 10 Minuten erhitzt eventl. dies nochmals wiederholt. Ist bei einer dritten Erhitzung noch keine Rotfärbung eingetreten, so ist keine merkliche Menge Baumwollsaatöl zugegen. Empfindlichkeit etwa 5 %.

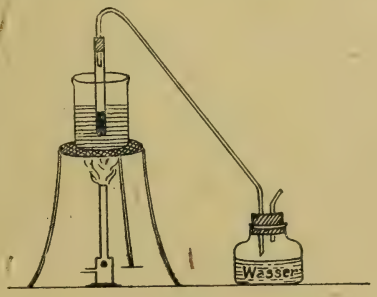


Abb. 6.

Hexabromidprobe (Oktobromidprobe): 1 ccm Öl mit 20 ccm Bromlösung (s. Nachweis von Tran S. 893) geschüttelt, geben bei Gegenwart von Leinöl, Perillaöl und Tranen reichliche Niederschläge).

Hexabromidzahl: Diese Zahl gibt die prozentuale Menge unlöslicher Bromide an, die durch Behandeln der ätherischen Lösung von Fettsäuren Linolensäure enthaltender Öle mit Brom gefällt werden. Hexabromide, weil die Linolensäure mit

ihren 3 Doppelbindungen 6 Atome Brom addiert.

Ausführung (nach Eibner und Muggenthaler)[14]: 3 Portionen zu je 3,5 g Öl werden mit je 45 ccm alkohol. Kalilauge (½ normal) unter häufigem Rühren auf dem Wasserbade verseift, dann der Alkohol völlig verjagt. Nun löst man die Seife in insgesamt nicht mehr als 180 ccm warmem Wasser auf, säuert die in einen Scheidetrichter (etwa 1 L Inhalt) gebrachte Seifenlösung mit 20 ccm 5fach normaler Schwefelsäure an und schüttelt die Fettsäuren mit etwa 100 ccm Äther aus. Die abgelassene saure wäßrige Lösung wird nochmals mit 40 ccm Äther ausgeschüttelt. Die vereinigten ätherischen Lösungen werden mit 70 g entwässertem Glaubersalz getrocknet (mindestens 4—5 Stunden stehen lassen), filtriert und aus einem tarierten Erlenmeyerkölbchen (200 ccm Inhalt etwa) der Äther abdestilliert. Das Glaubersalz wird 5—6mal mit dem abdestillierten Äther nachgewaschen (je 100—120 ccm Äther), zum Schluß auch das Filter. Den Waschäther gibt man während der Destillation mittels Tropftrichter in den Erlenmeyer. Geht kein Äther mehr über, dann verschließt man den Kolben mit doppelt durchbohrtem Kork, durch dessen eine Bohrung man ein Gaszuleitungsrohr so einführt, daß das Ende dicht über der Fettsäure steht; durch die andere Bohrung steckt man ein zu einer Kapillare ausgezogenes Ableitungsrohr. Der Kolben wird nun im Wasserbad unter Durchleiten von mit alkalischer Bleilösung und H_2SO_4 gewaschenem Wasserstoff 2 Stunden lang erhitzt, noch warm in einen Vakuumexsikkator gebracht und mindestens 4 Stunden im Vakuum gelassen. Nach Wägen nochmals evakuiert und gewogen bis zur Gewichtskonstanz.

Die so gewonnenen (9—10 g) Fettsäuren werden mit Äther (über Chlorkalzium getrocknet) gelöst und in einem 100 ccm-Meßkölbchen aufgefüllt.

20 ccm der Fettsäurelösung werden in einem Erlenmeyerkölbchen (100 ccm Inhalt etwa) auf — 10° abgekühlt. Aus einer kleinen Burette, deren Spitze ganz fein ausgezogen ist läßt man tropfenweise 1 ccm Brom in der Weise zu, daß dieses an der Wand des Kölbchens herabfließt. Die Hälfte des Broms wird in einzelnen Tröpfchen gegeben, hierfür sollen nicht weniger als 20 Min. gebraucht werden, der Rest in Doppeltropfen in mindestens 10 Min. Nun wird das Gemisch 2 Stunden bei einer Temperatur von nicht über — 5° stehen gelassen. Die ausgeschiedenen Bromide werden dann über Asbest abgesaugt (zunächst dekantieren, dann mit 2mal je 5 ccm Äther (auf — 10° gekühlt) aufs Filter gebracht und noch weitere 3mal mit Äther gewaschen und endlich bei 80—85° getrocknet. Beim Filtrieren sollen die Bromide nie trocken werden. Der Schmp. des Linolensäurehexabromids ist 177° (s. a. unter Trannachweis).

Leinöl hat eine Hexabromidzahl von 50—55, baltische Leinöle bis 59%; Perillaöl bis 64%, Mohnöl und Holzöl = 0 Rüböl 4,6—7,6, Sojabohnenöl 7,2.

(Wird die Bromierung in der geschilderten Art mit den Fettsäuren vorgenommen, die, wie unter Erstarrp. geschildert, gewonnen sind, so ist nach Erfahrung des Ref. die Hexabromidausbeute 2—3% geringer, ein Betrag, der für technische Prüfungen kaum in Betracht kommt.)

Bestimmung der Oxysäuren, nach Fahrion[15]. Diese Bestimmung beruht auf der Unlöslichkeit der Oxy-Fettsäuren in Petroläther: 3—5 g Fett werden mit etwa 25 ccm alkohol. Kalilauge verseift, der Alkohol verdampft. Rückstand in 50 bis 70 ccm heißem Wasser aufgelöst; Lösung im Scheidetrichter angesäuert (Salzsäure) und mit etwa 100 ccm Petroläther gut durchgeschüttelt. Nach Absitzen wird wäßrige und petrolätherische Schicht abgelassen, die an dem Glase haftenden Oxysäuren mit Petroläther gewaschen, dann in heißem Alkohol gelöst und nach dessen Verdampfen im tarierten Schälchen nach Trocknung (100—105°) gewogen. Reichliche Mengen Oxysäuren löst man zweckmäßig noch im Scheidetrichter mit etwas Kalilauge, säuert an und schüttelt wieder mit Petroläther, um etwa eingeschlosene nicht oxyd. Fettsäure zu entfernen.

Die Bestimmung der Oxysäuren ist wichtig bei der Beurteilung der Eignung eines Fettes zur Seifenfabrikation (s. Art. Seifen-Unters.) ferner zur Unterscheidung von oxydierten d. h. „geblasenen" Ölen von polymerisierten und zur Beurteilung des Oxydationsgrades.

Azetylzahl: 10—20 g der isolierten Fettsäuren werden mit dem gleichen Volumen Essigsäureanhydrid am Rückflußkühler gekocht (etwa 2 Stunden). Die Reaktionsflüssigkeit wird in einem größeren Kolben mit ½ L Wasser mehrfach ausgekocht, bis das abgetrennte Wasser gegen Lackmus neutral reagiert. Dann werden die azetylierten Säuren in Äther gelöst, filtriert und vom Lösungsmittel durch Abdampfen befreit.

Von den so gewonnenen azetylierten Säuren werden 4—5 g mit genau 50 ccm alkohol. ½ normaler Kalilauge am Rückflußkühler verseift, der Alkohol verdampft und mit einem genau gemessenen Überschuß an ½ normaler Schwefelsäure versetzt. Die Fettsäuren werden filtriert und ge-

waschen, Filtrat, samt Waschwässer mit $^1/_{10}$ normaler Lauge titriert (Phenolphtalein).

Azetylzahl $= \frac{a-5d}{s} .56{,}1$ (= mg KOH zur Neutral. von in 1 g Azetyl-Fettsäure gebundenem Essigsäurerest)

[a = ccm $\frac{n}{10}$ Lauge; d = Überschuß von $\frac{n}{2}$ Säure, Differenz von $\frac{n}{2}$ Säure und zur Verseifung benutzter $\frac{n}{2}$ Lauge]. s = angewendete Substanz in Grammen.

Die Azetylzahl beträgt bei unoxydierten Fetten, gewöhnlich nur wenige Einheiten (< 10). Rizinusöl (und Traubenkernöl) charakterisiert sich durch hohe Azetylzahl (s. d.). In Fettgemischen kann die Menge des Rizinusöls durch die Azetylzahl ermittelt werden (s. Rizinusöl, Untersuchung) bei Gegenwart von oxydierten Fetten in den durch Petroläther von Oxysäuren befreiten Fettsäuren, denn die im Rizinusöl vorhandene natürliche Oxysäure ist in Gegenwart anderer Fettsäuren in Petroläther löslich.

Die Untersuchung der *flüssigen Fettsäuren* kann gelegentlich nötig werden. Man erhält sie am einfachsten nach der Methode von Fachini und Doria[16]) (s. a. Prüfung auf einzelne Öle, Erdnußöl): 10 g Fettsäuren in 90 ccm reinem Azeton gelöst (am Rückflußkühler), 10 ccm normale Kalilauge zugegeben und nach längerem Stehen bei 15° filtriert, mit wenig Azeton gewaschen. Das Filtrat wird eingedampft, mit Wasser aufgenommen, mit Säure zersetzt und ausgeäthert. Ätherische Lösung trocknen (Na_2SO_4) und verdampfen. Rückstand fast reine flüssige Fettsäuren.

Trennung von Fett- und Harzsäure (Kolophonium): Methode von Wolff-Scholze[17]) modifiz. Twitschell-Veresterungs-Methode) 2—5 g des Gemisches von Fett und Harzsäure werden in 10—20 ccm Methylalkohol gelöst und mit 5—10 ccm Methylalkohol-Schwefelsäure-Mischung (4 Vol. zu 1 Vol. H_2SO_4) 2 Minuten am Rückflußkühler zum Sieden erhitzt. Zur Reaktionsflüssigkeit das 5—10fache Volumen 10%ige Kochsalzlösung fügen, nach Erkalten ausäthern, die abgetrennte wäßrige Schicht noch 1—2mal ausäthern. Die ätherischen Lösungen werden mit Kochsalzlösung gewaschen bis zur neutralen Reaktion der Kochsalzlösung gegen Methylorange, dann mit Alkohol versetzt und mit alkohol. ½ normaler Kalilauge titriert (Phenolphtalein). Ist Substanzmenge = s; Verbrauch an $\frac{n}{2}$-Lauge = a ccm so ist Harzsäuregehalt $= \frac{a.17{,}76}{s} - 1{,}5$.

Genauer ist die gravimetrische Methode: Nach der Titration wird noch etwas Kalilauge zugegeben und Wasser bis zur Trennung des Äthers. Die alkalische Lösung abgelassen, die ätherische mehrmals mit Wasser nachgewaschen. Die vereinigten wäßrigen Lösungen eingeengt, angesäuert, mit gleichem Volumen konz. Kochsalzlösung versetzt und 2—3mal ausgeäthert. Der ätherische Teil mit geschmolzenem Natriumsulfat getrocknet und eingedampft. Rückstand in 10 ccm absolutem Alkohol gelöst; 5 ccm alkoholische Schwefelsäure zugefügt (4 Vol. Alkohol + 1 Vol. H_2SO_4); 1½—2 Stunden stehen gelassen. Zusatz von 100—150 ccm 10%iger Kochsalzlösung 2—3mal ausäthern. Die ätherischen Auszüge nach Neutralisieren bzw. schwachem Alkalisieren alkohol. Kalilauge mehrmals mit Wasser und einigen Tropfen Kalilauge gewaschen. Die vereinigten alkalischen Auszüge durch Eindampfen vom Alkohol befreien, ansäuern, mit Kochsalzlösung versetzen und mehrmals ausäthern. Vereinigte ätherische Lösungen 2mal mit verdünnter Kochsalzlösung waschen, mit geschmolz. Natriumsulfat trocknen und eindampfen. Abdampfrückstand = Harzsäure.

Der Gehalt an Kolophonium kann als Näherungswert (wahrscheinlichster Wert) durch Multiplikation der Harzsäuremenge mit 1,07 berechnet werden. Bei großem Kolophongehalt und Abwesenheit unverseifbarer Öle kann die Menge des Unverseifbaren der gefundenen Harzsäure zugerechnet und der Kolophoniumgehalt so unmittelbar ermittelt werden. (Oxysäuren werden hierbei z. T. als Harzsäuren mitgewogen, da sie schwerer veresterbar sind als nicht oxydierte Fettsäuren. Holde und Marcusson[18]) wenden in solchen Fällen noch eine Trennung nach der Gladding Methode an, auf die hier nur verwiesen werden soll. Ein genaues Resultat ist nach Erfahrung Verf. dieses auch mit dieser Methode nicht zu erreichen. Sichere genaue Trennung von Oxysäuren der Fette und Harze ist noch nicht gelungen.)

Untersuchung und Prüfung von Harzen: Zur Unterscheidung der Harze dienen — außer den sehr wichtigen äußeren Eigenschaften — vor allem die Löslichkeitsverhältnisse, namentlich in Alkohol, Äther, Petroläther oder Benzin, Benzol, die man am besten qualitativ im Reagenzrohr vornimmt, etwa 1 g + 5 ccm Lösungsmittel. Das Harz wird zweckmäßig nicht allzufein zerkleinert.

Tafel zur

	Öle		
	Jodzahl	Refraktion (15°)	Dichte (15°)
Leinöl	170—205	1,486/489	0,930/936
Perillaöl	180—200	1,483/485	0,928/933
Chines. Holzöl	160—171	**1,50—1,52**	0,936/944
Hanföl	157—166		0,925/930
Menhadentran	150—180		0,928/931
Dorschlebertran	135—170		0,922/941
Nußöl	143—152	bei 1,483	0,925/927
Mohnöl	140—160	1,477/478	0,924/927
Nigeröl			
Traubenkernöl	130—145 (90—100)		0,920/965
Leindotteröl	133—135	1,478	0,923/927
Robbentran	127—152		0,925/926
Waltran	110—140		—
Sardinenöl	100—170		0,927/928
Sonnenblumenöl	122—135	bei 1,479	0,924/926
Maisöl	113—125	bei 1,477	0,9215/924
Sojabohnenöl	107—137	1,472/480	0,924/929
Sesamöl	103—115	1,475—1,476	0,923/926
Baumwollsaatöl	100—117	1,473/476	0,922/930
Kapoköl	100—120 auch bis 75		0,923/930
Rüböl V. Z. 170/177	94—105	1,474/478	0,913—9175
Senföle V. Z. 170/177	92—107	1,467/475	0,9125/920
Erdnußöl	83—103	1,468/473	0,917/921
Rizinusöl	82—90	1,479/481	**0,960/973**
Olivenöl	78—88 auch bis 92,5	1,468/471	0,914/917 mindere auch höher
Olivenkernöl	87—88	1,472/473	0,918/920
Schmalzöl	67—88	bei 1,453	bei 0,915
Talgöl	55—58	—	0,794 (100°)
Klauen- und Knochenöle	44—80	1,468/472	0,914/916

Mäßig erwärmen, häufig schütteln. Ferner Säurezahl und Verseifungszahl; deren Bestimmung wird wie bei den Fetten durchgeführt. Lösung des Harzes für SZ.-Bestimmung nach Marcusson und Winterfeld[19]: 3—4 g Harz in 200 ccm Benzol + Alkohol am Rückflußkühler; Titration (ohne zu filtrieren) nach Erkalten. (Die von K. Dieterich empfohlene indirekte Methode[20]): Zusatz von überschüssiger Lauge und Zurücktitrieren mit Säure kann Ref. ebenso wie Marcusson und Winterfeld nicht empfehlen. Die Resultate sind dabei abhängig von Stärke der Lösung und Dauer der Einwirkung. Vollends bei unbekanntem Harz oder Harzmischungen ist diese Methode unbrauchbar.)

Untersuchung von Harzmischungen und unbekannten Harzen: Unbekannte vorliegende Harze sind vor allem auf ihren Geruch, die Löslichkeit in Alkohol, Petroläther, Benzol zu prüfen, dann auf Säure- und Verseifungszahl. Die Tabelle auf S. 464 erleichtert die Auffindung der in Betracht kommenden Harze. (Sie ist nach Schmidt und Erban[22]) von Verf. dieses erweitert.) Die Untersuchung ist dann nach Maßgabe der Mitteilungen bei den einzelnen Harzen zu ergänzen. Schwieriger ist die Analyse von Harzgemischen, die nicht immer zu sicheren Resultaten führt. Löslichkeitsbestimmungen führen oft auf Irrwege, da die Löslichkeit von Harzgemengen oft eine ganz andere ist, als die der Komponenten.

Für spritlösliche Harzgemenge gibt die Bestimmung der „Fällungspunkte“[21]) recht brauchbare Anhaltspunkte:

3 g Harz werden in 12 ccm Alkohol (95%) gelöst und durch trocknes Filter filtriert. Zu 9 ccm des Filtrats wird aus

Öluntersuchung.

Fettsäuren			Besondere analytische Merkmale
Jodzahl	Verseifungszahl	Erstarr.-Punkt	
179—209	195—201	19—20°	Hexabromide
180—205	193—200	?	Hexabromide
160—175	190—200	31—37°	beim Erhitzen und mit Jodlösung in Chloroform gelatinierend.
160—170	bei 200	15—17°	
155—185	bei 200	—	Farbenreaktion; Oktobromide
150—175	180—200	13—24°	desgl.
145—160	bei 200	16°	
140—165	195—200	15—17°	
135—150 (etwa 100)	185—195	18—20°	Hohe Azetylzahl, teilweise in Alkohol löslich
bei 137	bei 200	13—14°	
130—160	bei 200	15—16°	Farbenreaktion; Oktobromide
120—150	**190—230**	22—24°	desgl.
110—180	180—196	27—28°	desgl.
130—140	bei 200	17—18°	
bei 125	bei 200	14—16°	
115—140	bei 200	14—17° oder 22—25°	
109—120	200—210	21—24°	Farbenreaktionen
111—120	200—205	**30—38° (28°)**	desgl.
98—120	bei 200	21—24°	Farbenreaktionen wie Baumwollsaatöl
99—110	**181—185**	11,5—13,5°	Erukasäure
95—110	**180—187**	15—17° oder 6—10°	desgl.
90—108	bei 200	22—29,5°	Arachinsäure
86—93	bei 195	3°	Alkohollöslichkeit, hohe Azetylzahl, Petroläther unlöslich, auch die Fettsäuren
85—95	bei 200	17—24,5°	
bei 90	bei 200	—	
flüssige 94—96	bei 200	—	Cholesterinprobe
bei 60	bei 200	—	desgl.
45—90	195—210	etwa 26	Geruch

einer Bürette tropfenweise Wasser zugegeben, bis auch nach kräftigem Schütteln bleibende Trübung durch Harzausscheidung (nicht diffuse Trübung) eintritt. Als Fällungspunkt bezeichnet Verf. die Anzahl $^1/_{10}$ ccm Wasser, die bis zur Trübung verbraucht wurden. Es wurden folgende ermittelt:

		meist
Manila-Kopale	1—4	2—2,5
Kolophonium	15—20	17—18
Schellack	25—30	27—27,5
Sandarak	14—21	16—18
Akkaroid rot	55—67	etwa 65
„ gelb	40—48	etwa 45

Bei einem Fällungspunkt unter 15 ist wahrscheinlich, bei einem unter 5 ziemlich sicher Kopal vorhanden. Über 15 schließt Kopal mit hoher Wahrscheinlichkeit aus; 15—25 spricht für Anwesenheit von Kolophonium oder Sandarak. Über 25 und über 30 spricht für Akkaroid und macht Kolophonium- und Sandarak-Gegenwart in größerem Prozentsatz unwahrscheinlich.

Es sei bemerkt, daß die Untersuchung von Harzgemischen nach systematischen Methoden, wie man sie gelegentlich findet, meistens nur zu Irrtümern führt. Nur mit genauer Kenntnis der Harze ist jedesmal mit „individuellen" Methoden vorzugehen. Das Ergebnis stützt man durch Zusammenstellen der gefundenen Harze und eine „Vergleichsanalyse".

Prüfung von Kumaronharzen nach den Vorschriften des Kriegsausschusses für Fette und Öle.

1. Farbe.

a) Vergleichslösung: 15 g Kaliumbichromat in 100 ccm 50%iger Schwefelsäure.

	Fette			
	Jodzahl	Verseifungszahl	Schmp.	Dichte 15°
				Feste
Pferdefett	70—86	195—199	30—33°	0,919/922
Mowrahfett	60—64	190—194	24—29°	—
Sheafett	54—60	**176—188**	43—45°	—
Schweineschmalz	53—68	195—197	33—40°	0,931/938
	Fuß u. Kopf bis 85			
Palmöl	44—58	196—210	27—43°	0,912—0,948
Rindstalg	35—45	193—200	42—46°	0,943/952
Hammeltalg	35—46	193—196	46—51°	0,937/940
Chines. Talg	28—38	199—210	24/29° (34)	0,915/922
Palmkernöl	10—18	**240—250**	23—28°	0,941/952
Kokosnußöl	8—10	**245—260**	20—28°	0,925/938
Japanwachs (Japantalg)	4—13	205—237	> **50°**	**0,970/980**
				Flüssige
Spermazetöl	80—90	120—140 (150)	—	0,880/884
Döglingtran	67—85	125—135	—	0,876/881

	Säurezahl	Verseifungszahl	Verhältniszahl	Feste Schmp.
Wollfett	etwa 13—25	80—130	etwa 4—7	
Candelillawachs		47—65		67—70° (auch 82)
Carnaubawachs	2—8	78—87	etwa 40	83—91°
Bienenwachs	19—21	91—95	3,5—3,8	62,5—65,5°
(Chinesisches) Insektenwachs	1—3	etwa 80—900	etwa 20—200	80—830
Walrat	Spuren (1)	130	etwa 120—250	42—49°

b) Harzlösung: 1—1,5 g Harz abwägen, für je 0,1 g Harz genau 1 ccm Benzol zugeben (im Reagenzrohr); bei dunklen Harzen wird 3,5 bzw. 5,0 ccm dieser Lösung mit 6,5 bzw. 5,0 ccm verdünnt, so daß sie 3,5- oder 5%ig wird.

c) Vergleich: Die frisch bereitete Lösung mit der Bichromatlösung in gleich dicken Reagenzröhrchen vergleichen, im durchfallenden Tageslicht (Himmel als Hintergrund). Nur auf gleiche Helligkeit, nicht auf Farbton achten.

Dunkle Harze werden auf Durchschimmern künstlichen Lichtes (etwa 50 Kerzen-Stärke) in einer Entfernung von ½ m beobachtet. Die Lösung befinde sich in dünnwandigem Reagenzrohr von 15 mm lichter Weite. Seitenlicht ist abzublenden (Einstellen in Holzklötzchen von Mustersendungen, in das 2 gegenüberliegende schmale Fenster geschnitten sind). Man unterscheide:

„hell", 10%ige Lösung, nicht dunkler als die Bichromatlösung;

„hellbraun", 3½%ige Lösung, nicht dunkler als die Bichromatlösung.

„braun", künstliches Licht schimmert noch durch 10%ige Lösung.

„dunkel", künstliches Licht schimmert noch durch 5%ige Lösung;

„schwarz" künstliches Licht schimmert nicht durch 5%ige Lösung.

Härte und Konsistenz.

a) Für harte Harze: Erweichungspunkt nach Krämer-Sarnow[23]):

In ein glatt abgeschnittenes Röhrchen (10 cm lang, 6—7 mm lichte Weite) wird ein gerade passender Glasstab soweit hineingeschoben, daß ein freier Raum von genau 5 mm Länge verbleibt (Abb. 7). In

Fettsäuren				Besondere analytische Merkmale
Jodzahl	Verseifungszahl	Schmp.	Erstarrp.	
Fette				
84—87	200—205	36—42°	33—34° (30—38°)	
	195—200	44—45°	42°	
	190	51—55°	48—51°	
60—75	bei 200	35—47°	34—42°	kristallin. mit faltiger Oberfläche erstarrend
flüssige				
93—105				
50—60	200—220	44—50°	36—46°	
40—48	195—210	43—47°	38—46°	
35—50	195—205	46—54°	43—46°	
30—39	200—215	47/57 (39/40)	42/52 (34/35)	
12—14		25—28,5°	20—26°	
8—10		24—27°	21—25°	1 Vol. Öl löst sich in 2 Vol. Alkohol (von 90%)
42	220—230	56—62°	53—56,5°	
Wachse				
83—88	190—215	13—22°	11—12°	Cholesterinreaktion
80—82	190—215	10—11° (16)	8—9°	höhere Alkohole leichter verharzend

Wachse			
Erstarrp.	Spez. Gew. 15°	Jodzahl	
	0,940/970	15—29	mit Essigsäureanhydrid + Schwefelsäure (1 Tropf.) blaurot
63—68	0,950/993	12—20 (Hübl) 56—58 (Wijs)	
80—87	0,900/999	10—14	
60—61	0,958/0 970	8—11	
80—81	0,926/0.979	etwa 1—2	
42—47	0,945/960	etwa 4	

diesen gießt man nebenher geschmolzenes Harz tropfenweise ein; nach Erkalten Kuppe gerade abschneiden. Nach völligem Erkalten Glasstab herausziehen, in das

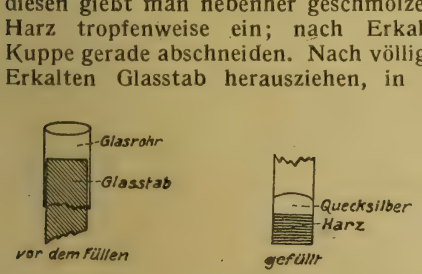


Abb. 7.

umgekehrte Röhrchen genau 5 g Quecksilber gießen. Das so beschickte Rohr wird in ein Becherglas gehängt, das in einem größeren mit Wasser gefüllten sich befindet. Unmittelbar neben dem Röhrchen hängt ein Thermometer mit der Kugel in Höhe der Harzschicht. Das Wasser im äußeren Becherglas wird nun erhitzt, so daß das Thermometer in der Minute um 1° steigt. Erweichungspunkt ist die Temperatur, bei der das Quecksilber die Harzschicht durchbricht.

b) Für weiche und zähflüssige Harze: Nageltauchprobe. Das Harz ist in ein Gefäß von 8—10 cm Durchmesser mindestens 15—20 cm hoch einzufüllen und die Temperatur auf genau 20° zu regulieren. Ein Nagel (s. u.), der gleiche Temperatur hat, wird mit Daumen und Zeigefinger am Kopf senkrecht über die Harzprobe gehalten, so daß die Spitze das Harz eben berührt. Mit der rechten Hand wird mittels einfacher Drahtschlinge (10—20 mm Φ) die senkrechte Stellung des Nagels gesichert. Man zählt die Sekunden vom Loslassen des Nagels bis zur

Tierische Fette, Öle und Wachse.

Name	Pferdefett	Butterfett	Eieröl	Walrat
franz.:	graine de cheval	beurre de vache	huiles de jaunes d'oeufs	spermacet, blanc de Caleine
engl.:	horse fat	butter fat	egg oil	spermaceti, cetine
Dichte	0,919—0,922 (15°) (auch 0,916)	0,936—0,946 (15°) 0,864—0,868 (100°)	0,914—0,915 (15°)	0,943—0,960 (15°)
Brechungsexponent	etwa 1,462 bei 40° (1,460—1,466)	1,4535—1,4565 (40°)	etwa 1,4715 (25°)	—
Erstarrp.	20—30°, K mmfett tiefer	19—20°	8—10°	42—47°
Schmp.	30—33°	29,5—34,5°	22—25°	42—45°
Erstarrp.) der Fett-	30—38°	35,5—38°	—	—
Schmp.) säuren	36—42°	38—45°	34,5—39°	—
Verseifungszahl	195—199	209—240	184—190	123—135
Jodzahl	72—86	26—39	68—82	etwa 4
Chem. Zusammensetzung	Glyzeride der Ölsäure, Stearinsäure und etwa 10% Linolsäure	gemischtes Glyzerid der Butter-, Palmitin-, Ölsäure. Weniger Capron-, Caprylsäure, Caprinsäure, Laurin, Myristin, Stearinsäure	viel Ölsäuretriglyzerid, Palmitin-, wenig Stearinsäureglyzerid Cholesterin, Lezithin, Farbstoff	Palmitin-Cetylester neben wenig Laurin-, Myristin-, Palmitinsäureglyzerid. Die Menge der unverseifbaren Stoffe ist rund 50%
Bemerkungen		charakteristisch der hohe Gehalt an flüchtigen Fettsäuren: Reichert-Meißlzahl 25 bis über 30, die niedrigste Refraktion. Wassergehalt der Butter normal nicht über 15%		gelblich bis weiß, spröde perlmutterglänzend, kristallinisch. In heißem Alkohol (96%) löslich. Viel verfälscht mit Paraffin und Stearinsäure. Ersteres erniedr., letztere erhöht die Vers.-Zahl. Beim Durchrühren mit heißer Lauge u. Ansäuern derselben nach Erkalten und Filtrieren, wird Stearinsäure gefällt, bei reinem Walrat nur Opaleszenz.
Anwendung	wird viel in der Seifenindustrie und Stearinfabrikat. benutzt, gewöhnlich direkt von den Roßschlächtereien bezogen; kaum als eigentl. Handelsartikel	fremde Fette können durch Refraktions- und Reichert-Meißlzahl-Veränderung; sowie der anderen Kennzahlen meist leicht bei raffinierter Fälschung aber auch schwerer ermittelt werden. Näheres s. Literatur, z. B.	wird zu Schuhkreme verwendet (s. DRP. 234 728)	Salben und Pflaster. In der Kerzenindustrie (Luxus- und Normalkerzen)
Literatur	Amthor und Zink, Ztschr. angew. Chem. 1896,325 Nußberger, Zeitschr. anal. Chem. 1897, 269	Lewkowitsch, Chem. Technol. u. Anal. der Öle usw. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette und Wachsarten u. a. m.	Kitt, Chem. Ztg. 1897;	Literatur s. Butterfett

Halbtrocknende Öle.

Name	Leindotteröl (deutsch. Sesamöl)	Maisöl	Kapoköl
franz.:	huile de camelina	huile des mais	huile de Kapok
engl.:	camelina oil	maize oil, corn oil	kapok oil
Dichte (15°)	0,923—0,930	0,9215—0,924	0,923—0,930
Brechungsexponent	1,476 (15°)	etwa 1,477 (15°)	1,468—1,470 (25°)
Erstarrp.	— 18°	— 10° bis — 20°	nicht sicher festgestellt
Schmp.	—	—	—
Erstarrp. } der Fett-	13—14°	14°—16°	23—24°
Schmp. } säuren	18—20°	18—20°	29° und höher
Verseifungszahl	188—193	188—193	189—197, auch 205 wurde gefunden
Jodzahl	123—135	113—125	118—119 (75—110)
Chem. Zusammensetzung	Glyzeride der Öl-, Palmitin-, Eruka- und einer Isolinolensäure	Glyzeride ungesättigter und 4,5—7,5% gesättigter Fettsäuren 1,5—2,3% Unverseifbares	viel Öl- und Linolsäureglyzerid etwa 25% Palmitinsäure, Spuren Linolensäure
Bemerkungen	Farbe goldgelb, trocknet in dünner Schicht langsam ein	1. Pressung blaßgelb bis goldgelb, 2. gelbrot bis braun. Steht dem Baumwollsaatöl sehr nahe	Farbenreaktionen wie Baumwollsaatöl, dem es überhaupt sehr ähnelt Farbe grünlich bis grünlichbraun, sehr viskos
Anwendung	in der Seifenindustrie u. a. Zur Herstellung von Schmierseifen. Nicht im Sommer, da die Kaliseife schon bei 20° flüssig ist. Zum Verfälschen andererÖle z. B. Rüböl	in den Verein. Staaten in großem Maßstabe als Speiseöl und in der Margarinefabrikation. Auch in Europa sehr viel für die Seifenfabrikation benutzt,besonders zu Schmierseifen	in derSeifenfabrikation Nachweis s. Besson, Chem.Ztg. 1914, S.982
Literatur	De Negri u. Fabris, Ref. v. Holde, Ztschr. anal. Ch. 1894, 555	Hart, Chem. Ztg. 1893, 1522, Hopkins, J. Am. Chem. Soc. 1898, 948, s. a. Leindotteröl	Henriques, Chem. Ztg. 1893, 1283

Berührung des Nagelkopfes mit dem Harz beim Einsinken in die Harzmasse.

Der zu verwendende Nagel sei ein sog. 5zölliger runder Drahtstift (Handelsbezeichnung: 23/60) Länge 130 mm, Gewicht 23—24 g (für Schiedsanalysen 23 g).

„Springhart" Erweichungspunkt über 50° C;

„Hart" Erweichungspunkt 40—50° C;

„Mittelhart" Erweichungspunkt 30 bis 40° C;

„Weich" Erweichungspunkt < 30°; Nageltauchprobe mehr als 500 s;

„Zähflüssig" Nageltauchprobe weniger als 500, mehr als 100 s;

„Flüssig" Nageltauchprobe weniger als 100 s.

Kumaronharzhaltige Rückstände enthalten bei folgender Untersuchung weniger als 35% Harzgehalt:

100 g Substanz in Glasretorte von 350 ccm Inhalt im Ölbade auf 150° erhitzen (gegen Überschäumen 50 ccm Benzol oder Xylol zusetzen). Überhitzen, Wasserdampf einleiten und weiter erhitzen bis Temperatur des Ölbades 260—270° erreicht. So 1 Stunde destillieren. Rückstand = Harzgehalt.

Tafel für Harzuntersuchung.

I. Harz in Alkohol völlig oder fast völlig löslich
  a) löslich in Benzol
    α) unlöslich in Schwefelkohlenstoff: Benzoë
    β) löslich in Schwefelkohlenstoff:
      Kolophonium, Verseifungszahl 150—190,
      Venetian. Terpentin, Verseifungszahl 110—135,
      Elemi, Verseifungszahl 30—65,

Pflanzliche nichttrocknende und halbtrocknende

Name	Olivenkernöl	Traubenkernöl	Mandelöl
franz.:	huile de noyeau d'olive	huile de raisins	huile d'amaudes
engl.:	olive kernel oil	grape seed oil	Almond oil
Dichte	$D_{15} = 0{,}918—0{,}920$	$D_{15} = 0{,}920—0{,}956$	$D_{15} = 0{,}916—0{,}920$
Brechungsexponent	$n_D^{25°}$ 1,4682—1,4688	$n_D^{40°}$ 1,4613—1,4678	$n_D^{15,5°}$ 15,5° 1,4728
Erstarrp.		—10 bis —17°	—10 bis —21,5°
Schmp.			
Erstarrp. } der Fett-		18—21°	9,5—11,8°
Schmp. } säuren		23—28°	12—14°
Verseifungszahl	182—189	178,5—195	190—196
Jodzahl	87—88	120—143 (94—96)	93—102
Chemische Zusammensetzung	Triglyzerid der Ölsäure wenig Stearin und Palmitin	Triglyceride der Linol- und Ölsäure, weniger Palmitin, etwas Stearin und Erukasäure	hauptsächlich Ölsäuretriglycerid
Bemerkungen	hat meist hohen Gehalt an freien Säuren und ist dadurch teilweise in Alkohol löslich	Traubenkernöl hat eine hohe Azetylzahl, 16—25 (?). Die Säurezahl schwankt (5—17).	wird mit dem ihm sehr ähnlichen Pfirsichkern- u. Aprikosenkernöl verfälscht. Diese geben mit Salpetersäure 1,4 Orangefärbung (Mandelöl schwach gelb)
		Teilweise löslich in Alkohol, bei 70° völlig in Eisessig	s. a. Ohwolles, Pharm. Ztg. 1902
		Farbe: erste Pressung: goldgelb; zweite: dunkel.	hellgelb.
Anwendung	Seifenfabrikation, Verfälschen von Olivenöl	kann als Speise- und Seifenöl dienen	pharmazeutisch und kosmetisch (Preis für 1 kg 8 M.; Pfirsichkern 2—3 M. vor dem Krieg)
Literatur		Grimme, Seifensiederztg. 1917, 891; K. P. Seifenfabrikant 1913, 717; Dell'-Acqua, Annali chimic. appl. 2, 295. Gährt, Seifensiederztg. 1917, 177	

b) wenig oder nicht löslich in Benzol
  α) löslich in Äther: Sandarak,
  β) teilweise oder nicht löslich in Äther:
    Schellack: löslich in Ammoniak (10%ig)
    Manila-Kopal, Akkaroid (gelb oder rot gefärbt) unlöslich oder wenig löslich in Ammoniak.

II. Harz, teilweise in Alkohol löslich
  a) löslich in Benzol
    α) völlig oder fast völlig löslich in Äther:
      1. wenig löslich in Petroläther: Mastix,

Öle und Fette geringerer Bedeutung.

Mowrahfett	Sheatett	Mahwahbutter Illipeöl od. -fett	Senfsaatöl
huile de mowrah mowrah seed oil		huile de mahwah beurre d'Illipi mahwa od. ellipi butter	huile de moutarde mustard oil schw.-S.Öl weiß-S.Öl
—	—	0,894—0,898 (100°)	0,9125-0,916 0,92 (15°)
$n_D^{40°}$ = 1,4595—1,4625	$n_D^{40°}$ = 1,464—1,4665	1,460—1,461 (40°)	1,467 1,475(15,5°)
16,6—22,4°	21—25°	19—22	—5° —8 bis —16°
24,5—28,4°	43—45°	23—30	— —
42°	48—50,5°	—	15—17°
44,5°	51,5—54,5°	—	wenig über 17°
190—194	176—188	53—69	170—175
52,5	176—188	187—194	96—107 92—98
nicht näher untersucht, enthält viel feste Fettsäuren (oder Palmitinsäure)	nicht näher untersucht, enthält viel feste Fettsäuren	nicht näher untersucht	Triglyzeride d. Eruka-, Rapin-, Stearinsäure, etwa 1% Lignozerin- und Arachinsäure
kalt butterartig, gelblich bis graugrün, meist im Gemisch mit Illipefett	butterartig, gelblich bis graugrün	kalt butterartig, gelb	rohe Öle gewöhnlich schwefelhaltig
soll in England und Frankreich sehr viel in der Stearin- und Seifenindustrie verwendet werden	gelegentlich in der Stearinindustrie verwendet	in Indien viel als Speisefett. Wird auch in der Stearinindustrie gelegentlich verwendet meist in Mischung mit Mowrahfett	kann als Ersatz für Rüböl dienen, dem es außerordentlich ähnlich ist
Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußmittel 23, 584 27, 723	Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußmittel 28, 73		

2. teilweise bis völlig löslich in Petroläther: Elemi,
β) teilweise in Äther löslich: Dammar, Asphalt (schwarz),
b) teilweise in Benzol löslich: (Lösung intensiv rot: Drachenblut, „ „ gelb: Gummigutt). Kopale: Säurezahl < 110: Kauri, Sierra Leone, Angola, geschälter Sansibar;
Säurezahl < 110 Manila, Kongo, Sierra Leone, Angola, Borneo.

III. Harz, fast oder ganz unlöslich in Alkohol Bernstein, Kopale (wie 2b näher einzuteilen) Unterscheidung s. „Bernstein" (Prüfung).

Trocknende Öle.

Nigeröl	Hanföl	Perillaöl
	huile de chénevis hemp seed oil	
0,924—0,927	0,925—0,928	0,928—0,933
etwa 1,468 (40°)		1,483—1,485 (15°)
— 9 bis — 15°	unter — 20° (28°)	—
—	—	—
—	15—17°	—
—	17—19°	— 4 bis — 5°
198—192	190—105	187—197
126—134	155—168	180—200
nicht näher erforscht	Glyzeride der Linol-, Linolen- und Isolinolensäure weniger Stearin u. Palmitin, sehr wenig Ölsäure	nicht erforscht, aus der hohen Hexabromidzahl = ca. 64% geht ein hoher Gehalt an Linolensäure oder deren Isomere hervor
trocknet für sich in etwa 8 Tagen mit Sikkativen in 16—20 Stunden; die Anstriche sind aber lange klebrig; auch die Färbung tiefer als beim Leinöl	mit Biebers Reagens (gleiche Teile konz. H_2SO_4 rauch. HNO_3 u. Wasser gibt (rohes) Öl 5 T. + 1 T. Reag. erst Grün-, dann Schwarzfärbung	trocknet unter Tropfenbildung rasch auf (s. Artikel Lack u. Firnis unter „Firnisersatz“)
kann in der Seifenfabrikation als Leinölersatz verwendet werden; in der Lackindustrie kann es für dunkle, minderwertige Firnisse nur als geringer Zusatz zum Leinöl benutzt werden	findet in der Seifenfabrikation Verwendung als Leinölersatz. In der Firnis- und Lackindustrie ist es gleichfalls verwendbar	kann als Ersatz für Leinöl dienen; wird bisweilen für Herstellung von Sikkativen (s. „Firnis u. Lacke“) verwendet
Wallenstein und Fink, Chem. Ztg. 1898, 1190, Crasley u. Le Sueur, Journ. Soc. Chem. Ind. 1898, 989, Meister, Farbenztg. Jg. 16, S. 20	Fahrion, Chemie der trocknenden Öle (Berlin 1911)	Rosenthal, Farbenztg. Jg. 17, 739; Niegemann ebenda Nr. 6; Meister ebenda Jg. 16, 266

Prüfung auf Kunstharze (Phenol-Kondensationsharze, s. „Kunstharze“.

Literatur:

Allgemeine: Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten, Berlin 1908. Lewkowitsch, Chem. Technologie und Analyse der Öle, Fette und Wachse, Braunschweig 1905. Ubbelohde, Handbuch der Chemie u. Technol. der Öle und Fette, Bd. I, Leipzig 1908. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette (sehr empfehlenswert), Berlin 1918. Marcusson, Laboratoriumsbuch f. d. Ind. der Fette u. Öle, Halle 1911.

Spezielle: 1. Mitteil. d. Königl. Materialprüfungsamts, Berlin-Lichterfelde **1904**, 48; **1905**, 58.
2. Chem. Ztg. **1905**, 267.
3. Chem. Ztg. **1901**, Nr. 95.
4. Chem. Ztg. **1896**, 132; s. a. allgemeine Literatur.
5. s. a. Dubovitz, Chem. Ztg. **1915**, 744. Arnold, Z. Nahr- u. Gen.-Mittel **1916**, 382.
6. Marcusson u. Schilling, Chem. Ztg. **1913**, 1001. Fritzsche, Ztschr. Nahr.- u. Gen.-Mittel **1913**, 644.
7. Bömer, Ztschr. Nahr.- u. Gen.-Mittel **1901**, 1070.
8. Chem. Ztg. **1910**, 994.
9. Fortin u. Ruggeri, Chem. Ztg. **1898**, 600. Archbutt, J. Soc. Chem. Ind. **1898**, 1124.
10. Z. angew. Ch. **1910**, 260.
11. Seifensiederztg. **1911**, 249.
12. J. Ind. and Engen. Chem. **1912**, 4.
13. J. Pharm. Chim. **6**, 390 (Chem. Zentralbl. **1897**, II, 1101).
14. Farbenztg. **1911/12**, Jg. 18, 131ff.
15. Z. angew. Ch. **1898**, 782.
16. Chem. Ztg. **1914**, 18.
17. Chem. Ztg. **1914**, 369, 382, 430.
18. Mitteil. d. Kgl. Materialprüfungsamtes, Berlin-Lichterfelde **1902**, 46.

19. Chem. Revue üb. d. Fett- u. Harzind. **1909**, 104.
20. Dieterich, Analyse der Harze, Berlin 1900.
21. Wolff, Farbenztg. **1916**, Heft 48/49.
22. Monatshefte f. Chem. **1886**, 656ff.
23. Chem. Ind. **1903**, 55.

B. Pflanzliche Fette und Öle.

1. Baumwollsaatöl (Kottonöl); franz.: huile de coton (cotonnier); engl.: cotton seed oil; lat.: oleum gossypii.

Gewinnung: Ausschließlich durch Pressung; bei ägyptischer Saat nach Entfernung der Haare, bei amerikanischer auch der Schale. Das Rohöl wird durch Behandeln mit Natronlauge oder Kalkwasser gereinigt[1]), technisches auch mit Chlorkalk und Säure gebleicht.

Chemische Zusammensetzung[2]): Hauptsächlich Triglyzeride der Öl- und Linolsäure und 22—26% feste Glyzeride (wesentlich der Palmitinsäure[3])). Auch soll eine der Rizinolsäure ähnliche „Cottonölsäure" vorhanden sein[4]). Unverseifbare Stoffe: 0,7 bis 1,6%.

Erstarrungspunkt: Etwa 5°, schon bei 15° trübe, sog. Winteröle (s. Handelssorten), bei 0° dickflüssig, trübe, bei —4 bis —6° starr. Schmp. der Fettsäuren 34—40°, Erstarrp. der Fettsäuren 33—38°, bei „Winterölen" bis 28° herab[5]).

Zähigkeit: bei 20° 9,3—10,4 (bei 50° 3,2, bei 40°—2,1) Englergrade[6]).

Dichte: $D_{15} = 0{,}922—0{,}930$[7]).

Wärmeausdehnung: Kubischer Ausdehn.-Koeffiz. 0,000677[8]) bis 0,000792[9]).

Flammpunkt: 243—260°.

Farbe: Rohöl rubinrot bis schwarz; raffiniertes fast farblos bis goldgelb s. a. Handelssorten.

Brechungsexponent: 1,4735—1,476 bei 15° (Zeiß-Butterrefr. 72—76)[10]) Änderung für 1° C 0,00037 (0,62 Zeiß)[11]).

Löslichkeit: In den meisten organ. Lösungsmitteln in jedem Verhältnis. Alkohol löst in 100 ccm 3,6 g Neutralöl (?)[12]).

Säurezahl: Bei Rohöl sehr wechselnd, bei raffiniertem 0—2[2]).

Verseifungszahl: 191—198 (meist nahe 195)[5]).

Jodzahl: 100—117 (meist 105—110)[5]).

Verhalten gegen Luft: Erhitztes Baumwollsaatöl nimmt beim Durchleiten von Luft Sauerstoff auf, Zähigkeit und Dichte steigen (Bildung flüchtiger Säuren und Oxysäuren). Vom Verhalten gegen Chemikalien ist wichtig die Reaktionsfähigkeit gegen Schwefel und Schwefelchlorür in der Wärme, die zur Bildung fester, elastischer Massen (Faktis) führt, deren Konstitution nicht klargestellt ist[13]) und Behandlung mit Schwefelsäure, die zur Bildung von Türkischrotöl führt (s. Türkischrotöl).

Prüfung: Durch Bestimmung des spez. Gew. der Verseif.- und Jodzahl, besonders aber durch den hohen Schmelz- und Erstarrp. der Fettsäuren. Charakteristische Farbenreaktion mit Salpetersäure (D 1,375): kaffeebraun[14]) und „Halphensche Reaktion" (Lösung in Amylalkohol, Erhitzen mit 1%iger Schwefel-Schwefelkohlenstofflösung: Rotfärbung)[15]), s. Abschn. „Analyse der Öle". Diese versagt bei erhitztem (200—250°) Öl[16]).

Verfälschungen: Sehr selten, da gewöhnlich eins der billigsten Öle (Mineralöl durch niedrige Verseif.-Zahl leicht kenntlich). Baumwollsaatöl dient häufig selbst zur Verfälschung, wird durch hohen Schmelz- und Erstarrp. der Fettsäuren erkannt. Als Kontrolle dient: „Halphensche Reaktion", s. o., die allein für sich nicht maßgebend ist[17]).

Haltbarkeit: Bei völligem Abschluß von Licht und Luft lange unverändert bleibend, setzt aber in der Kälte feste Glyzeride ab (s. Nebenprodukte). Bei Luftzutritt verharzt Baumwollöl.

Verwendung: Baumwollsaatöl wird viel unter den verschiedensten Phantasienamen als Speiseöl benutzt (Fischkonserven-, Back- und Bratöl), ferner, namentlich stearinreiches zur Margarinefabrikation. Hauptverwendung: Seifenindustrie (Schmierseifen; für sich allein zu Kernseifen nicht gut verwendbar, da die Seife schwer auszusalzen ist, leicht ranzig wird und gilbt). Weitere Verwendung in der Faktisbereitung. Als Brenn- und Schmieröl der leichten Verharzungsfähigkeit wegen nicht zu empfehlen. Geblasenes Öl dient zur Steigerung der Zähigkeit von Mineralschmierölen. Als Ersatz kommt für die Seifen- und Faktisbereitung Lein- und Erdnußöl in Frage. Siehe auch folgenden Abschnitt.

Nebenprodukte: Neben den bei der Pressung erhaltenen als wichtiges Futtermittel dienenden Preßkuchen liefert die Reinigung mit Lauge ein wichtiges aus Farbstoff, Seife und Neutralöl bestehendes Abfallprodukt: Baumwollölsatz (mucilage, soapstock). Fettgehalt 45—70%[18]). Heller Soapstock dient unmittelbar zur Herstellung von Seifen (Textilseifen für geringwertige Stoffe), ferner zur „Stearin"- und „Olein"-Darstellung[19]). Schwarzer Satz (Blackgrease), meist in England aus ägyptischer Saat und bei der Schwefelsäure-Raffination erhalten, wird für schwarze Seifen (Verarbeitung schwierig!)[20]) und zur Herstellung von Druckerschwärze verwendet. Soapstock kann mit Säure und Chlorkalk, sowie mit Natriumsuperoxyd gebleicht werden. Ein weiteres Neben-

produkt ist Baumwollstearin [Baumwoll- oder vegetabil. Margarine; franz.: margarine de coton; engl.: cotton seed stearine] gewonnen durch Abkühlen und Pressen der an festen Glyzeriden reichen Ausscheidungen: blaßgelb, butterartig. Schmp. 26—40°, Erstarrp. 16—33°, Erstarrp. der Fettsäuren 27—30°, D_{15} 0,918, D_{100} 0,865 bis 868, Farbenreaktion wie das Öl)[21]). Verwendung: Margarinefabrikation, seltener zur Seifen- und Stearinsäure- (richtiger Palmitinsäure-) Gewinnung in der Kerzenindustrie. In nicht einwandfreier Weise wird auch öfter aus Soapstock gewonnene Stearinpalmitinsäure als Baumwollstearin bezeichnet.

Handelssorten: Raffiniertes Öl, fast farblos bis gelb, nahezu oder völlig säurefrei, mild schmeckend, hiervon 2 Sorten: Ia („weißes" mit Fullererde gereinigtes Öl und IIa („gelbes" Öl). Von beiden werden „Sommeröle" (stearinreiche) und „Winteröle" (demargarinierte) unterschieden. Versand geschieht häufig in sorgfältig hergerichteten mit Wasserglas, Paraffin u. a. m. ausgegossenen Eichenfässern von 100—250 kg Inhalt. Kleine Mengen in Blechkanistern zu 10 und 20 kg. Von Rohölen werden handelsüblich 3 Sorten unterschieden[22]). I. Prima Rohöl (Prime crude oil): frei von Schmutz und Wasser, reiner Geschmack, Raffinationsverlust nicht mehr als 9%. II. Primissima Rohöl (Choice crude oil), wie I Raff.-Verlust unter 7%. III. Sekunda-Öl (off oil), Kauf nach Muster. 2% Unterschied bei Raffinationsversuch und Ausfall erlaubt.

Herkunft und Handelszentren: Nordamerika (New York, New Orleans, Galveston). Ägypten. Haupthandelsplätze in Deutschland Bremen, (Hamburg), Köln.

Statistisches: Weltproduktion schätzungsweise 5000000 t Samen jährlich (1000000 t Öl). Die deutsche Öleinfuhr, die ziemlich stark schwankt, ist im allgemeinen seit 1905 etwas zurückgegangen, während die Saateinfuhr gestiegen ist: Ölimport 1905: 58644 t, 1910: 18435 t, 1912: 26874 t, 1913: 16278 t. 35—40% der Einfuhrware stammt jetzt aus Amerika, der Rest aus Ägypten, früher lieferte umgekehrt Amerika (Gesamtexport 1912: 178000 t, davon $^1/_3$ nach Frankreich) die Hauptmenge. Etwa 50% des Öls wird vergällt eingeführt. Der Preis des Kottonöls betrug je nach Ernteausfall und Güte etwa 58—68 M.

Literatur:

1. Ubbelohde, Handb. der Chemie und Technol. der Öle usw. (Verl. Hirzel, Leipz.) **I**, 787. Hefter, Technol. der Fette u. Öle (Springer, Berlin) **II**, 644. Tompkins, Seifensiederztg. **1906**, 869. Krummel, Chem. Ztg. **1904**, 123.
2. Lewkowitsch, Chem. Technol. der Fette, Öle u. Wachse (Vieweg & Sohn, Braunschweig) **1905 II**, 96. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten (Springer, Berlin) **1908**.
3. Fahrion, Chem. Ztg. **1900**, 654.
4. Papasagli, Pubblicazioni del lab. chim. delle Gabelle. Rom **1891**, 154; **1893**, 90.
5. Lewkowitsch u. Benedikt-Ulzer s. 2. Holde, Unters. der Kohlenwasserstoffe u. Fette (Springer, Berlin) **1913**.
6. Ubbelohde, Handb. **I**, 347. Crossley u. Le Sueur, Soc. Chem. Ind. J. **1898**, 300.
7. Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 2. Holde s. 5.
8. Ubbelohde, Handb. **I**, 309.
9. Berechnet nach Angaben v. W. Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde **3**, 165; Chem. Zentrbl. **1908 I**, 2001.
10. Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 2. Holde s. 5.
11. Harvey u. Wilkie, Chem. a. Drug. **76**, 50; Chem. Zentrbl. **1910 I**, 1358. Über Absorptionsspektrum s. Marcille, Ann. des Falsifications **3**, 423.
12. Davidsohn u. Wrage, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1915**, 11.
13. W. Esch, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1911**, 87. G. Hübener, Kunststoffe **1911**, 263. Ljubowski, Seifensiederztg. **1914**, 10 (s. a. Leinöl, Literaturang. 37).
14. Lewkowitsch, Chem. Technol. **II**, 107.
15. Halphen, J. Pharm. Chim. **6**, 390; Chem. Zentrbl. **1897 II**, 1161. Über den noch nicht sichergestellten Reaktionsträger: Soltsien, Z. öff. Ch. **1899**, 306. Charabot u. Marsh, Bull. Soc. Chim. **1899**, 532. Raikow, Chem. Ztg. **1899**, 760, 892; **1900**, 562, 583; **1902**, 10. Gill u. Alnison, J. Amer. Chem. Soc. **1902**, 397. Kühn u. Beuger, Zeitschr. f. Nahr.- u. Genußmittel **1906**, 145. Utz, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1913**, 291.
16. Oilar, Amer. chem. Journ. **24**, 355. Halphen s. 15.
17. Lewkowitsch, Chem. Technol. **II**, 106. Über ausführliche Analyse s. a. 2 u. 5.
18. Untersuchung und Wertbestimmung s. Seifensiederztg. **1905**, 587. Stiepel, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1912**, 272 u. 305; s. a. Seifensiederztg. **1909**, 1119, 1223; **1910**, 696, 745, 800; Seifenfabrikant **1908**, 1046; **1909**; 1185, 1215; **1910**, 107, 578, 1215. Fahrion, Seifensiederztg. **1910**, 696, 745.
19. s. a. Heutgen, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1916**, 73.
20. s. a. E. Lach, Seifensiederztg. **1909**, 1437.
21. De Negri u. Fabris, Publicazione del labor. chim. centrale delle gabelle. Rom 1891/93. Ref. D. Holde, Z. anal. Ch. **1894**; s. a. Lewkowitsch, Chem. Technol. usw. **II**, 103.
22. Bestimmungen der amerikan. Interstate Cotton Crushers Association; s. a. Seifensiederztg. **1903**, 521; **1905**, 438 (letztere Stelle Beschreibung des Raffinationsversuchs).

2. Erdnußöl (Arachis-, Madras-, Erdeichel-, Achantinußöl); franz.: huile d'arachide; engl.: arachis-, peanut-, groundnut-, earthnut-oil; lat.: oleum arachidis.

Gewinnung: Durch Pressen der enthülsten Erdnüsse (Samen von Arachis hypogaea) in 2 oder 3 Stadien. Im letzten Falle die dritte Pressung oft heiß[1]).

Chemische Zusammensetzung[2]): Hauptsächlich Gemisch von Triglyzeriden der Arachin-, Stearin-[3]) und Lignocerinsäure[4]); auch Hypogaea-[5]) und wahrscheinlich Palmitinsäure[6]). Charakteristischer Bestandteil ist das zu etwa 4,5—5% vorhandene Arachin-Lignocerinsäure-Gemisch (s. a. „Prüfung"). 0,5—1% Unverseifbare Stoffe.

Erstarrungspunkt: Sehr verschieden, manche Öle bei etwa 3° Ausscheidung fester Glyzeride, bei 0° fest[7]), andere bei —7° noch flüssig, wieder andere gelatinieren („stokken") schon bei + 15° [8]).

Schmp. (Titer) der Fettsäuren[1]) [2]) 27 bis 33°; Erstarrp. der Fettsäuren [1]) [2]) 22 bis 29,5°.

Zähigkeit: Bei 21,1° (= 70° F.) 306—429 sec, Redwood Viskosim.[3]) (= 10,1—14,2 Englergrade).

Dichte: D_{15} = 0,917—0,921, nur ausnahmsweise außerhalb dieser Grenzen[1]) [2]) [10]).

Wärmeausdehnung: Kubischer Ausdehn.-Koeffiz. 0,000675[11]) bis 0,00078[12]).

Farbe: Fast farblos bis rötlichbraun (s. a. Handelsmarken[13]).

Brechungsindex: Bei 15° 1,468—1,473 (Zeiß' Butterrefraktom. 63—71)[14]); Änderung für 1° C 0,00036; 0,64 Teile im Butterrefr.

Optische Aktivität: im 200 mm-Rohr —7 bis —25 Min.[15]), öfter auch rechtsdrehend[16]).

Säurezahl: Bei kaltgeschlagenen Ölen 1—3, höchstens 8, bei technischen bis 40, auch mehr[1]) [2]), s. a. Handelssorten.

Verseifungszahl: 189—197[1]) [2]).

Jodzahl: 83—103 (meist 92—96)[1]) [2]).

Verhalten gegen Chemikalien: Außer der Verseifbarkeit durch Alkalien ist technisch wichtig nur die Reaktionsfähigkeit gegen Schwefel und Chlorschwefel in der Wärme unter Bildung fester, elastischer Massen (Faktis).

Prüfung: Bestimmung des spez. Gew., der Jod- und Verseif.-Zahl, des Erstarr.- und Schmp. der Fettsäuren, auch wohl der Säurezahl (bei Speiseölen 1—4). Verfälschungen kommen selten vor (Mohnöl, Baumwollsaatöl, Rüböl, Mohnöl erhöht Jodzahl, die anderen erniedrigen Schmp. der Fettsäuren, Rüböl auch Verseif.-Zahl, ferner Sesamöl gibt Furfurol-Reaktion s. Sesamöl). Sesamöl ist in geringen Mengen öfter vorhanden, weil es in den gleichen Pressen wie Erdnußöl gepreßt wird[16]); öfter auch zur Erhöhung der Kältebeständigkeit zugesetzt. Mehr als es selbst verfälscht wird, dient Erdnußöl zur Verfälschung, bes. von Olivenöl, wird dann durch Isolierung der Arachinsäure erkannt und deren Menge (etwa $^1/_{21}$ des Öls) quantit. bestimmt[17]), s. Abschn. „Untersuchung".

Haltbarkeit: Licht- und luftgeschützt lange unverändert, Licht und Luft bewirken leicht Ranzigwerden.

Verwendung: Als Speiseöl, besonders zur Verfälschung von Olivenöl. Minderwertigere Öle zur Seifenfabrikation (Zusatz bei Kernseifen, viel zu weißen Schmier- und Silberseifen, s. Seife). Für letztere nicht geeignet sind Öle, die schon bei 10—15° gelatinieren. Als „Schmelzöl" für Wolle. In beschränkterem Maße zur Faktisbereitung, als Brenn- und Schmieröl. Als Ersatz kommt in der Seifenindustrie Baumwollsaatöl in Frage.

Nebenprodukte: Erdnußölkuchen (Preßrückstände) als wertvolles Futtermittel. Sonst gelegentlich „Erdnußstearin", das sind in der Kälte ausgeschiedene feste Glyzeride[18]) (margarine d'arachide) zur Margarinefabr., Seifen- und Kerzenerzeugung verwendbar.

Handelssorten: Ia Öl (erster Pressung): fast farblos und säurefrei (Speiseöl), IIa Öl (zweiter Pressung), dunkler als Ia, stärker sauer, etwa bis 5% freie Säure (als Ölsäure ber.), IIIa Öl (dritter, meist heißer Pressung), sehr dunkel, über 5% Säure gewöhnlich, roh trübe und dick, meist filtriert im Handel. Ia Öl ist über Fullererde u. dergl. filtriert; gehandelt in kleineren Blechgefäßen (Kanistern) 10 und 20 kg, bei größeren Partien, wie technische Öle in Holzfässern (Barrels) zu 100 kg und mehr.

Handelszentren: Frankreich (Marseille) (Saat aus den Kolonien am Senegal), Portugal, England, Holland, Nord- und Südamerika.

Statistisches: Weltproduktion schätzungsweise 350—400000 t, davon $^2/_3$ aus afrikanischer, je $^1/_6$ aus nord- und südamer. Saat gepreßt. Deutschland importierte an Erdnüssen 1912: 69869 t, 1913: 89085 t, 1900—1905 jährlich 25—26000 t. Über die Hälfte des deutschen Imports aus französ. Westafrika, je 15% aus britisch West- und portugiesisch Ostafrika; (Rest brit. Ost-, portug. Westafrika, Indien). Die Öleinfuhr ist wenig bedeutend, 1912: 1096 t; 1913: 514 t, dagegen wird mehr hier gepreßtes Öl ausgeführt. Menge nicht genau festzustellen, da mit Sesamöl zusammen verzeichnet (Erdnuß + Sesamöl 1912: 11675 t; 1913: 16205 t).

Preise: Stark schwankend. Ia Ware etwa 70—90 M. für 100 kg, IIa 50—80 M., IIIa 45—65 M. vor dem Krieg.

Literatur:

1. Hefter, Technol. der Fette u. Öle (Berlin) II.

2. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten (Springer 1908). Lewkowitsch, Chem. Technol. der Fette u. Öle (Vieweg & Sohn 1905), II. Hefter s. 1. Holde, Unters. d. Fette u. Wachsarten (Springer 1913).
3. Hehner u. Mitchell, Analyst **1896**, 328.
4. Kreiling, Ber. chem. Ges. **1880**, 880.
5. Hößmann u. Scheven, Lieb. Ann. **94**, 230. Schröder, Ebenda S. 340 u. **143**, 22. Schöne, Ebenda **244**, 253 u. Ber. chem. Ges. **21**, 878. Hazura, Monatshefte f. Ch. **10**, 242.
6, Caldwell, Lieb. Ann. **101**, 97 u. Kreiling s. 4.
7. Holde s. 2.
8. Hefter s. 1.
9. Crossley u. Sueur, J. Soc. Chem. Ind. **1898**, 940.
10. Wijs, J. Pharm. Chim. **1897**, 490ff. De Negri u. Fabris, Pubblicazioni del Labor. chim. centrale delle gabelle. Rom 1891/93. Ref. D. Holde, Z. angew. Ch. **1894**, 547ff.
11. Ubbelohde, Handb. der Chem. u. Technol. der Öle, Leipzig 1908, **I**, 309.
12. W. Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde, Jg. 3, 165. Ref. Chem. Zentrbl. **1908 I**, 2001.
13. Absorptionsspektrum s. Marcille, Annales des Falsifications **3**, 423.
14. s. 2; ferner: Harvey u. Wilkie, Chem. a. Drug. **76**, 50; Chem. Zentrbl. **1910 I**, 1358. Beckurts u. Heiler, Arch. Pharm. **233**, 423.
15. Bishop, J. Pharm. Chim. **1887**, 300. Peter, Bull. Soc. Chim. **1887**, 483.
16. Fendler, Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel **1903**, 411.
17. Renard, Compt. rend. **73**, 1330. Krais, Chem. Ztg. **1895**, 450. Archbutt, J. Soc. Chem. Ind. **1898**. Tortelli u. Ruggeri, Chem. Ztg. **1898**, 600; Monit. **1902**, 215. Kreis u. Roth, Zeitschr. f. Unters. der Nahr.- u. Genußm. **1913**, 81. Normann u. Hugel, Chem. Ztg. **1913**, 815; s. a. Fachini u. Doria, Chem. Ztg. **1910**, 34, 994. Adler, Zeitschr. f. Nahr.- u. Genußmittel **1912**, 23, 676.
18. Wijs, Zeitschr. f. Nahr.- u. Genußmittel **1903**, 492.

3. Holzöl, Tungöl, Chinesisches Holzöl; franz.: huile de bois; engl.: tung oil, chinese, japanese wood oil.

Gewinnung[1]): Pressen der Samen des Ölfirnisbaumes, einer Euphorbiacee.

Chemische Zusammensetzung[2]): Holzöl enthält das Triglyzerid einer eigenartigen festen Fettsäure vom Schmp. 48°, Formel $C_{12}H_{32}O_2$ α-Eläostearinsäure (Eläomargarinsäure), ferner Glyzeride der Ölsäure (etwa 10%) und 2—3% gesättigter Fettsäuren; Holzöl enthält einen giftig wirkenden Stoff unbekannter Natur.

Erstarrungspunkt —17 bis —18°[3]).

Erstarrungspunkt der Fettsäuren 31—37°[3]).

Schmelzpunkt der Fettsäuren 35—44°[3]).

Zähigkeit: 39 Englergrade bei 20°[4]).

Dichte: D_{15} 0,936—0,944[5]).

Verhalten beim Erhitzen: Holzöl verdickt sich beim Erhitzen und wird schließlich gelatinös und fest. Bei Temperaturen von 150 bis 200° braucht das Öl etwa 8—3 h zum Gelatinieren, bei 250° etwa 10 min bis ½ h, bei raschem Erhitzen auf 310° wird es schon nach 12 min fest und zerreiblich. Das geronnene Öl ist in Fettlösungsmitteln nur noch teilweise löslich[6]). Das im wesentlichen auf Polymerisation beruhende Erstarren des Öles kann durch Zugabe von Leinöl, besonders aber von Kolophonium verhindert, bzw. verzögert werden. Auch andere Harze wirken ähnlich. Die technische Wichtigkeit der Gerinnungsverhinderung (s. a. Lacke) hat zur Aufstellung von allerdings wenig zuverlässigen Patenten geführt (DRP 161941, 211405, 219715, 114400, 243845, 245643, 246443, 257601, 261403, 274971).

Farbe: Hell- und dunkelgelb.

Brechungsindex: 1,503—1,504 (1,510 bis 1,520)[7]).

Löslichkeit: In den üblichen Lösungsmitteln löslich, sehr wenig in kaltem Alkohol, dagegen leichter in siedendem. Beim Verdampfen der Lösung in CS_2 resultiert eine schmelzbare Masse statt des gelösten Öles (s. „Haltbarkeit").

Gehalt an freien Säuren: 1—6% meist unter 4% (als Ölsäure berechn.).

Verseifungszahl: 190—197 (188—199)[7]).

Jodzahl: 154—176 meist über 160[7]).

Verhalten gegen Luft und Chemikalien: In dünner Schicht trocknet Holzöl in 1—3 Tagen als matter „eisblumenartig" gemusterter Film auf. Damit ist aber der Oxydationsprozeß noch nicht beendet, der noch 2—3 Tage sich fortsetzt, wobei die Schicht fester wird[8]). Halogene und Salpetersäure wirken lebhaft ein unter Bildung unlöslicher gallertiger bis fester Massen, auch in Lösungen in CS_2, $CHCl_3$ u. dgl.

Prüfung: Holzöl läßt sich durch seinen charakteristischen Geruch[9]), den hohen Brechungskoeffizienten (den höchsten aller festen Öle) leicht erkennen. Durch letzten und die übrigen Kennzahlen, sowie das Verhalten beim Erhitzen ist seine Reinheit festzustellen[7]). Verfälschungen sind nicht häufig (Leinöl, Tran), sie lassen sich durch Behandeln des Öles mit Jod und Extraktion des Reaktionsproduktes mit Petroläther quantitativ bestimmen[10]), s. S. 461.

Haltbarkeit: Holzöl geht im Licht (auch ohne Luftzutritt) durch Umlagerung der α-Eläostearinsäure in eine β-El. in eine kristallinische wenig lösliche, bei 32° schmelzende Masse über. Auch im Dunkeln vollzieht sich dieser Prozeß, indessen wesentlich langsamer[2]).

Verwendung: Holzöl findet in großem Maßstabe zur Herstellung von Lacken Anwendung s. „Lacke") auch zur Fabrikation von Holzstoff- und Papiermachégegenständen, ferner zum Wasserdichtmachen von Papier und Geweben. Es dürfte auch in der Linoleum- und Wachstuchfabrikation zu gebrauchen sein.

Nebenprodukte sind nicht bekannt: Die Preßrückstände, die wie das Öl giftig sind, können nicht zu Futterzwecken verwendet werden, sie sollen in China und Japan zu Düngerzwecken benutzt werden[11]).

Ursprungsländer: Fast ausschließlich China und Japan; Hauptausfuhr aus Hankow und Wukow. Hauptstapelplätze: London und New-York.

Statistisches: Die Menge des in China und Japan hergestellten Holzöles läßt sich nicht beziffern. Ausgeführt wurden aus Hankow 1900 — 20000 t, 1910 schon 45500 t, etwa der 10. Teil außerdem aus Wukow. Deutschland importierte: 1910 — 5976 t, 1911 — 8678 t, 1912 und 1913 — 5718 und 4767,5 t.

Literatur:

1. Hefter, Technologie der Fette und Öle, Berlin 1906, Bd. II, S. 60ff.
2. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, Berlin, Springer 1913, S. 265. Außerdem: Ders., Farbenztg. **1912**, 2530; **1913**, 2418. Cloez, Compt. rend. **1875**, 69; **1876**, 501; **1877**, 943. Maquenne, ebenda **1902**, 237. Kitt, Chem. Rev. über die Fett- u. Harzind. **1904**, 190. Majima, Berichte **1909**, 674.
3. Fahrion s. 2.
4. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstoffteile u. Fette. (Berlin.)
5. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle s. 2. Kreikenbaum, Chem. Rev. d. Fett- u. Harzind. **1910**, 165. Holde s. 4.
6. Fahrion, Chem. Umschau auf d. Geb. d. Fette usw. **1917**, H. 8, 9, 11, **1918**, H. 2 bis 8 bietet eine kritische Besprechung aller wichtigen Arbeiten über diesen Punkt.
7. Fahrion s. 2. Holde s. 4. Höpfner u. Burmeister, Chem. Ztg. **1913**, Nr. 3 u. 4.
8. Fahrion s. 2. S. auch Meister, Chem. Rev. über d. Fett- u. Harzind. **1910**, 152; **1911**, 1.
9. Über Desodorierungsversuche s. Ulzer, Chem. Rev. über d. Fett- u. Harzind. **1901**, 7. Bang u. Ruffin, ebenda **1905**, 87.
10. Ilhiney, J. of Ind. and Eng. Chem. **1912**, 4, beschrieben: Holde s. 4 (S. 423).
11. Chem. Rev. über die Fett- u. Harzind. **1901**, 2.

4. Kokosnußöl (Kokosöl, Kokosbutter); franz.: huile oder beurre de coco; engl.: cocoa nut oil; lat. oleum cocois.

Gewinnung: Aus den Kernen der Kokosnuß (besonders cocos nucifera u. cocos butyracea) durch Zerkleinern und Pressen, in Indien und Ceylon auch durch Auskochen. Aus der Kopra: d. i. den getrockneten Kernen (in dieser Form wird der weitaus größte Teil der Körner nach Europa gebracht) durch stufenweises Pressen und auch durch Extraktion[1]).

Chemische Zusammensetzung[2]): Hauptsächlich Triglyzeride der Myristin-, Laurin- und Ölsäure, daneben auch Caprin-, Capryl- und Capronsäure (4—10%). Auch Tripalmitin und Stearin soll in geringen Mengen zugegen sein.

Erstarrungspunkt: 14—23° (kaltgepreßtes etwa 14—15°), bei 15—20° butterartig. Erstarrp. der Fettsäuren (Titertest) 21—25°[3]).

Schmelzpunkt: 20—28° (kaltgepreßtes unter 20°[3])).

Schmelzpunkt der Fette: 20—27°[3]).

Dichte: D $^{15}/_{4}$ 0,925 bis 0,938, D 40/15,5 = 0,911[3]).

Kubischer Ausdehnungskoeffizient: 0,000686[4]), 0,001192[5]).

Farbe: Erste Pressung gelblich, zweite etwas dunkler, wird beim Bleichen mit Knochenkohle oder Bleicherde völlig weiß.

Brechungsexponent[3]): 1,441 bei 60° — (24 Skalenteile im Zeißschen Butterrefraktom.) bei 40° 1,4497 (36,3).

Löslichkeit[3]): Die Löslichkeit des Kokosöls in Alkohol ist größer, als die anderer Fette und Öle (mit Ausnahme des Rizinusöls). 1 Teil löst sich bei 90° in 1 Teil absol. Alkohol, bei 60° in 2 Teilen. In den übrigen Fettlösungsmitteln leicht löslich bei gewöhnlicher Temperatur.

Gehalt an freien Säuren: 1—5%. Rohes Kopraöl (s. Handelssorten) 20% und mehr. Entsäuerung wird mit Natronlauge oder gepulvertem Ätzkalk bewirkt, der selbst in der Wärme das Neutralfett angeblich nicht verseifen soll (richtiger ist: schwer verseift — der Verf. — s. a. Handelssorten[3]).

Verseifungszahl 246—269 (meist 250—260)[3]).

Jodzahl 8—10 (s. a. „Verfälschung")[3]).

Prüfung: Durch Bestimmung der Verseifungszahl, (Jodzahl) Erstarr.- und Schmp. des Fettes und der daraus hergestellten Fettsäuren. Die Bewertung erfolgt gewöhnlich nach dem Titertest: Erstarrp. der Fettsäuren; je höher dieser, desto wertvoller das Öl. Infolge der großen Menge löslicher Säuren ist er davon abhängig, wie die Fettsäuren gewaschen werden; hierauf ist zu achten[3]).

Verfälschungen kommen selten vor. Ein Zusatz von Palmkernöl, der immerhin einigen Einfluß auf die Füllbarkeit der mit dem Öl gewonnenen Seifen hat, ist sehr schwer festzustellen (s. Palmkernöl). Bisweilen wird mit Öl aus den Kokosnuß-

schalen verschnitten, solche Öle haben dann höhere Jodzahlen (18—24)[6]).

Haltbarkeit: Kokosnußöl gilt im allgemeinen als leicht ranzig werdend. Dies wird jedoch für reines Öl bestritten[7]). Nur wasserhaltiges Öl soll durch einen Schimmelpilz leicht sauer werden, nicht aber Öl mit einem Wassergehalt unter 5%. Luftzutritt erzeugt, ohne wesentliche Vermehrung der freien Säuren, beißenden Geruch und Geschmack.

Verwendung: Kokosnußöl findet besonders als Speisefett (Palmin, vegetabilische Butter) Verwendung. In ganz bedeutendem Maßstabe wird es in der Seifenfabrikation gebraucht. Bei der Verseifung ist starke Lauge nötig; mit dieser ist das Öl leicht, auch kalt, verseifbar. Die Seife bindet viel Wasser und Salzlaugen, ohne weich zu werden. Diese Eigenschaft bleibt auch Mischseifen, in denen Kokosöl den kleineren Teil ausmacht, s. u. Seifen. Ferner wird es in der Kerzenfabrikation verwendet, besonders zum Verfälschen von Talg und in kleinerem Maßstabe in der Parfümerie zur Herstellung des Kokoinäthyläthers.

Als *Ersatz* kommt für die Seifenherstellung vor allem Palmkernöl in Frage, das dem Kokosöl fast gleichwertig ist; erst in zweiter Linie Palmöl, das bei stark gefüllten Seifen nur zusätzlich verwendet werden kann, da es an sich nur in sehr viel geringerem Maße die Eigenschaft des Wasserbindens hat, ferner Kokosfettsäuren[8]), das sind:

Nebenprodukte aus der Raffination des Kokosöles zu Speisezwecken (mit Natronlauge oder Kalk), bestehend aus Neutralfett, Seifen (oder, wenn mit Säure behandelt), freien Fettsäuren, oft Schmutz und Wasser enthaltend, vielfach auch mit Raffinationsrückständen anderer Fette (Erdnuß-, Baumwollöl) verschnitten[9]). Auch wird bei der Fabrikation von Kunstbutter das Öl in einen flüssigen Anteil („Kokosolein") und einen festen („Kokosstearin") zerlegt. Der erste kommt für die Seifenfabrikation in den Handel, der zweite dient zur Speisefettfabrikation, auch als Ersatz (Schokoladenfett und Verfälschungsmittel für Kakaobutter).

Handelssorten: 1. Cochinöl (aus Cochin an der Malabarküste stammend) beste und weißeste Sorte. Es gibt auch „Cochinöl" (der Name ist jetzt zur Qualitätsbezeichnung geworden), aus Australien und Mauritius. 2. Ceylonöl, etwas gelblicher und strenger schmeckend. 3. Kopraöl aus den getrockneten Kernen gepreßt (1. Gewinnung). Dieses hat viel freie Säuren, 1. und 2. dienen hauptsächlich als Speiseöl, 3. mehr als technisches. Das Kokosfett wird in großen Fässern 100—400 kg, auch noch größeren, versandt. Kleine Mengen, als Speisefett dienendes, auch in Blechkanistern (10 u. 20 kg).

Gewinnung der Kokosfrucht in Ceylon (wichtigster Produzent), Britisch und Niederländ. Indien, Philippinen, Strait Settlements, Sansibar, Colombo, Nordamerika. In Deutschland sind Handelszentralen in Hamburg, Harburg, Bremen, Magdeburg, Groß-Gera, am Rhein. (In Frankreich: Marseille.)

Statistisches: Die deutsche Öl- und Kokosnuß-Ein- und Ausfuhr stellt sich folgendermaßen dar:

	Öl		Kopra	
	Einfuhr t	Ausfuhr t	Einfuhr t	Ausfuhr t
1910	8906	9915	155988	1029
1911	2283	8904	147966	1365
1912	3333	18323	183258	980
1913	5944	24878	196449	549

Hieraus errechnet sich ein jährlicher Verbrauch im Inland von rund 50000 t Kokosöl; etwa $^2/_3$ der eingeführten Mengen stammen aus Ceylon.

Preise: Die Preise schwanken nicht unerheblich, sie betrugen für Cochinöl während der letzten Friedensjahre durchschnittlich 92—95 M., gingen aber oft auf 85, ja sogar auf 78 zurück, gelegentlich bis 100 herauf. Ceylonöl hat gegen Cochin meist eine Spannung von rund 5 M., bisweilen aber auch bei hohen Cochinpreisen bis zu 10 M. Cochinöl wechselt gegen Ceylonöl mit 10—15 M. Differenz, auch darüber.

Literatur:

1. Hefter, Technol. der Fette u. Öle, Berlin **1906 II,** 580ff. Lewkowitsch, Chem. Technol. und Analyse der Öle usw. (Vieweg & Sohn, Braunschweig) **1905 II,** 323.
2. Hefter s. 1. Lewkowitsch s. 1. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten (Springer, Berlin 1908); s. a. Elsdon, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1913,** 311.
3. Hefter, Lewkowitsch s. 1. Benedikt-Ulzer s. 2. Holde, Analyse der Kohlenwasserstofföle und Fette (Springer, Berlin 1913), S. 458.
4. Ubbelohde, Handb. d. Chem. u. Technol. der Öle (Leipzig, Hirzel) **1908 I,** 309.
5. Berechnet nach Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde **3,** 165 (Chem. Zentrbl. **1908 I,** 2001).
6. Vaubel, Seifensiederztg. **1911,** 39. Richardson, J. Ind. Eng. Chem. **1911,** 574; Zeitschr. angew. Ch. 1912, 180.
7. Walker, Philippin. Journ. of Science **1906,** 117 (nach Z. angew. Ch. **1907,** 844) (s. a. ebenda **1908,** 172).
8. H. P., Seifensiederztg. **1913,** 311.
9. Gehring, Seifensiederztg. **1913,** 470. O. Sachs, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1907,** 212.

5. Leinöl (Flachsöl); franz.: huile de lin; engl.: linseed oil, flaxseed oil; lat.: oleum lini.

Herstellung: Aus den Samen des Leines (linum usitatissimum) durch Pressen, sehr selten durch Extraktion[1]).

Chemische Zusammensetzung[2]): Triglyzeride der Ölsäure (etwa 17—18%), der doppelt ungesättigten Linolsäure (25—30%) und der dreifach ungesättigten Linolen- und Isolinolensäure (35—40%). Außerdem 8—15% Glyzeride gesättigter Fettsäuren, auch geringe Mengen gemischter Glyzeride[3]) und 0,5—1,5% unverseifbare Stoffe.

Erstarrungspunkt[4]): Bei —10° dickflüssig, trübe, geringe Ausscheidungen, bei —15°, oft auch unterhalb dieser Temp. salbenartig. Starr bei unter —20°. Säurereiche Öle schon bei höheren Temperaturen (0°)[5]). Erstarrp. (Titer) der Fettsäuren 16—20°
Schmelzpunkt „ „ 17—24°

Zähigkeit: Bei 20°: 6,5—7,7 Englergrade, bei 50° 3,2, bei 100° 1,76[6]).

Dichte: D_{15} = 0,929—0,937, meist 0,930 bis 0,935[7]).

Wärmeausdehnung: Entsprechend einer Dichteänderung von 0,00065—0,00070 für 1° C[8]). Ausdehnungskoeffizient (kubischer) 0,000775[9]).

Verhalten beim Erwärmen: Beim Erhitzen von Leinöl scheidet sich bei 250—300° eine dem Gewicht nach geringe (< 1%), dem Vol. nach bedeutende gallertige Masse aus, der sog. Leinölschleim, der sowohl organische stickstoffhaltige, als auch anorganische Bestandteile (Kalziumphosphat, Kieselsäure) enthalten kann[10]). Bei diesem Vorgange (dem sog. „Brechen" des Öles) wird das Leinöl wesentlich heller, da der Schleim Farbstoffe mitreißt. Bei etwa 350° beginnt Leinöl unter Zersetzung zu sieden. Längeres Erhitzen unter Luftabschluß unterhalb des Kochpunktes bewirkt eine Verdickung des Öles, Zunahme von spez. Gew., Brechungsvermögen und Abnahme der Jodzahl, je nach Dauer und Höhe des Erhitzens: (Standöl, Dicköl). Der Vorgang ist im wesentlichen als Polymerisation[11]) zu betrachten.

Verbrennungswärme: 9364—9379 cal, ältere und gekochte Öle wesentlich geringer (9215 und 8810)[12]).

Entflammungspunkt: 205—255[13]), nach anderen 250—280[14]).

Farbe: gelb bis braun, doch kommen auch grünliche und grüne Öle vor[15]); gebleichtes: schwach gelblich.

Brechungsindex: 1,4812—1,4851 (85—92 Skala des Zeiß'schen Butterrefraktometers) meist 1,4818—1,4829 (86—88) bei 15°[16]). Änderung für 1° C 0,00036—0,00038[17]) (0,6 bis 0,63).

Optische Aktivität —0,3 bis + 0,28° im 200 mm-Rohr[18]).

Elektrische Leitfähigkeit[19]) 167.10—[18]).

Löslichkeit: Mit Äther, Petroläther, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, Benzol, Terpentinöl u. a. m. in jedem Verhältnis mischbar; in Eisessig bei 57—74° im mindestens gleichen Vol. völlig löslich[20]). In Alkohol nur wenig löslich, Neutrales Öl angebl. 3,3 g in 100 absol. Alkohol[12]).

Gehalt an freien Säuren: meist 0,5—2% (ber. als Ölsäure; bisweilen auch höher, bis zu 5—10%[22]).

Verseifungszahl: 189—197[23]).

Jodzahl: 170—195, seltener auch darüber[24]), nur vereinzelt unter 170[25]).

Verhalten gegen Luft: Infolge des Gehaltes an ungesättigten Verbindungen nimmt Leinöl (Typ der trocknenden Öle) begierig Sauerstoff aus der Luft auf. Die mehrfach ungesättigten Säuren gehen dabei unter vorübergehender Bildung von Superoxyden in Oxysäuren über, eine teilweise Abspaltung des an diese Säuren gebundenen Glyzerins findet dabei statt. Das Öl wird dicker; Dichte und Lichtbrechung nehmen zu. Die Jodzahl und Löslichkeit in Petroläther und Äther nehmen ab. Das Endprodukt: Linoxyn ist nahezu unlöslich in diesen Lösungsmitteln. In dünner Schicht trocknet Leinöl in 3—5 Tagen auf und bildet dann ein elastisches Häutchen. Dabei erfährt es eine Gewichtsvermehrung von ca. 18% (sog. Sauerstoffzahl)[26]).

Verhalten gegen Brom: Brom wird unter Bildung flüssiger und fester Bromide (letztere liefern die Linolen- und Isolinolensäure) aufgenommen. Die Menge der festen (Hexa-)bromide ist als Maß für die Reinheit und die Menge von Verfälschungen zu benutzen[27]).

Verhalten gegen andere Chemikalien: Mit Schwefelsäure reagiert Leinöl unter starker Temperaturerhöhung (Maumené-Probe) bei gleichen Mengen Öl und Säure um über 100°[28]). Geringe Mengen Säure (3—4%) bleichen unter Abscheidung schwärzlicher Massen. Mit Schwefel oder Chlorschwefel erhitzt gibt das Leinöl feste Reaktionsprodukte, deren Natur noch nicht sicher bekannt ist, trotz der techn. Verwendung (Faktis) s. technische Anwendung. Mit Wasserstoff werden die ungesättigten Glyzeride bei Gegenwart metallischer Katalysatoren reduziert s. Gehärtete Fette. Mit Ätznatron und Ätzkali tritt Verseifung ein, s. Seifen.

Bleichung des Leinöls: Geschieht selten noch durch chem. Mittel (Schwefelsäure, Eisenvitriol, Salzsäure und Braunstein), sondern fast ausschließlich durch Filtrieren über Fullererde[29]), einem Magnesium-Aluminiumhydrosilikat neuerdings über einen Ersatz derselben, das Silikonit[30]). Die Wirkung ist in der Wärme unvergleichlich

größer als in der Kälte. Gleichzeitig wird der „Schleim" dabei entfernt. Bleichung mittels Luft und Ozon dürfte praktisch selten verwendet werden[31]). Bleichung durch Belichtung am besten in Zinkkästen[32]).

Prüfung: Leinöl wird durch den eigenartigen Geruch und die Trockenfähigkeit erkannt, seine Reinheit durch Bestimmung des spez. Gew., der Verseifungszahl, besonders aber durch die Jodzahl und die hohe Ausbeute an ätherunlösl. Hexabromiden (Schmp. 179°)[27]) aus den isolierten Fettsäuren geprüft. Der Wassergehalt soll 0,2%, der Schmutzgehalt (ätherunlösliches) 0,1%, die Menge des „Unverseifbaren" 1,5% nicht übersteigen.

Als *Verfälschungen* kommen billige fette Öle, z. B. bei hohem Leinölpreis, Rüböl, Baumwollsaatöl u. a. m. in Betracht, die durch Erniedrigung der Jodzahl festzustellen sind, Mineralöl, das gleichzeitig die Verseifungszahl herabsetzt und Trane, deren Nachweis oft nur durch Bromierung (Bildung von benzolunlösl. unter Zers. schmelz. Oktobromiden) ermittelt werden kann[33]). Genaue Untersuchung bedarf der Erfahrung. Untersuchungsmethoden s. Literatur[4]) u. Abschn. „Untersuchung".

Haltbarkeit: Von Licht und Luft abgeschlossen hält sich Leinöl jahrelang ziemlich unverändert[34]). Bei Zutritt von Luft oder Licht erleidet es schon nach kurzer Zeit erhebliche Veränderungen.

Verwendung: Frisch gepreßtes (nicht extrahiertes!) dient in manchen Gegenden, bes. Sachsen und Schlesien als Speiseöl, ferner wird es in der Pharmazie (Emulsionen, Bleipflaster) verwendet. Weit größer ist die Verwendung in der Seifenindustrie, vornehmlich zur Erzeugung von Schmierseifen aber auch als Zusatz bei Kernseifen. Die Hauptverwendung findet aber Leinöl in der Farben-, Firnis- und Lackindustrie teils unmittelbar als Streichmaterial oder als Bindemittel für Farben, teils nach dem Einverleiben metallenthaltender Katalysatoren (sog. Trockenstoffen), welche die Trockenzeit des Öles auf 6—24 Stunden herabsetzen. Näheres s. „Firnisse und Lacke" über die Verwendung zur Lackerzeugung. Durch Erhitzen unter Luftabschluß polymerisiertes Leinöl, sog. Stand- oder Dickö l dient vornehmlich zur Herstellung von Buchdruckerfarben (Lithographenfirnis) und hochglänzenden „Emaillelacken". Durch Erhitzen und Lufteinblasen, gegebenenfalls bei Anwesenheit von „Trockenstoffen" oder durch monatelanges Ausbreiten auf breiten (Baumwoll-) Bändern wird das Linoxyn hergestellt, das mit Harzen (Kaurikopal, Kolophonium u. a.), Korkabfällen und Farbkörpern zusammen auf Gewebe gepreßt wird und so in größtem Maßstabe zur Herstellung des Linoleums[35]) dient. Die Verwendung zur Herstellung von Wachstuch, ferner von wasserdichten Geweben und Ballonstoffen sei hier nur angedeutet.

Zur Lackfabrikation und Linoleumerzeugung wird oft entschleimtes (s. o.) Leinöl verlangt; daß dies notwendig sei, wird allerdings vielfach bestritten[36]). Verf. dieses scheint die Frage trotz gegenteiliger Behauptung noch nicht ganz geklärt. Wie bei allen bisher genannten Verwendungsarten wird auch bei der Bereitung von Ölkitten, besonders Glaserkitt (Leinöl + Kreide) von den trocknenden Eigenschaften des Leinöls Gebrauch gemacht. Endlich dient das Reaktionsprodukt des Öles mit Schwefel (brauner Faktis) oder Schwefelchlorür (weißer F.) in großem Maßstabe als Füllmittel bei der Herstellung von Kautschukwaren[37]).

Ersatzstoffe sind in der Seifenindustrie Olein-, Erdnuß-, Mohn-, Sesam-, Hanf- und Sulfuröl, Sonnenblumenöl, besonders aber Soja-, Mais- und vor allem Rüböl[38]). In der Farben- und Lackindustrie kommen Mohnöl, Nußöl — s. diese — und Perillaöl[39]) bei hohen Leinölpreisen in Frage, auch Niger-[47]), Hanf-, Mais- und Sojabohnenöl (s. d.) sind vorgeschlagen, können aber höchstens für minderwertige Produkte als Zusatz verwendet werden, Firnisersatz s. „Firnis". Die letztgenannten wie auch Trane (besonders „stearinfreier") kommen auch für die Linoleumerzeugung in Frage. Bei der Faktisfabrikation ist Leinöl selbst bei niedrigem Preis Ersatz für das besser geeignete Rüböl, Erdnußöl und Rizinusöl.

Nebenprodukte der Leinölgewinnung sind die bei der Pressung zurückbleibenden, als wertvolles Futtermittel dienenden „Leinölkuchen". Bei der Lagerung oder Herstellung „nicht brechenden" Öles abfallender Leinölschleim, (Leinölsatz) wird vielfach zur Herstellung von Glaserkitt, seltener (wegen des anhaftenden Öles) in der Seifenfabrikation verwendet.

Handelsformen: Rohes, gebleichtes, nicht brechendes oder Lackleinöl, Leinöl wird fast ausschließlich in Holzfässern (barrels) von 100—150 kg, auch größeren gehandelt.

Herkunft und *Handelszentren* sind Rußland, Beßarabien und die baltischen Länder (Archangelsk, Now Taganrog, Petersburg, Reval, Riga, Libau); Indien (Kalkutta, Bombay); Nordamerika (Minneapolis, Chicago, Buffalo, New York); Holland und La Plata-Staaten. Die deutsche und österreichische Saaterzeugung ist verhältnismäßig gering; dagegen wird viel eingeführte Saat in Deutschland gepreßt (Harburg, Rheinland).

Statistisches: Die Saateinfuhr 1913 betrug rund 560000 t gegen 330000 des vorhergehenden Jahres. Die Ausfuhr war 4200 gegen 5400 t. Die Öleinfuhr war früher recht erheblich, ist aber der Saateinfuhr gewichen. Öleinfuhr 1890 noch rund 35700 t, 1900 nur noch 6250 t, 1905: 3350 t; 1912 und 1913 war sie 2688 und 3165 t; die Ölausfuhr ist nie erheblich gewesen, 1912: 970 t, 1913: 574 t.

Die sehr schwankenden Leinölpreise (wie meist üblich einschl. Faß) gibt in M. für 100 kg für die letzten 5 Friedensjahre folgende Tabelle:

Literatur:

1. Hefter, Technol. der Fette u. Öle (Berlin) **1906 II.** Ubbelohde, Handb. der Chemie u. Technol. der Fette u. Öle (Hirzel, Leipzig), **1908 I.**
2. W. Fahrion, Z. angew. Ch. **1903,** 1193; **1910,** 722; ferner: Derselbe, Die Chemie der trocknenden Öle (Verl. Springer, Berlin 1911), S. 24ff. Erdmann u. Bedford, Ber. chem. Ges. **1909,** 1324. Dieselben mit Rappe, Ber. chem. Ges. **1909,** 1334. Morell, J. Soc. Chem. Ind. **1913,** 1091; Chem. Ztg. **1914,** Rep. 164. Erdmann u. Bedford, Ber. chem. Ges. **1909,** 1324, 1337. J. Rollet, Z. physiol. Ch. **62,** 422.
3. Ad. Grün, Seifenfabrikant Jg. 34, Nr. 25 u. 26.
4. W. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, S. 10—12. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstoffe u. Fette (Springer 1913, S. 462). Lewkowitsch, Chemische Technologie der Öle, Fette u. Wachse (Vieweg & Sohn) **1905 II,** 24. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten (Springer 1903), 574; s. a. Andès, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1905,** 79. Bedford, Dissertation, Halle 1906.
5. Sjollema, Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel **1903,** 631.
6. Ubbelohde, Handb. der Chemie u. Technol. der Fette u. Öle, Leipzig 1908, **I,** 347. Fahrion s. 4. Holde u. G. Meyerheim, Chem. Ztg. **1912,** 1076.
7. Fahrion, Holde, Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 4; ferner: Gill u. Lamb (Amerikan. Öle), J. Soc. Chem. Ind. **1899,** 282. Niegemann, Chem. Ztg. **1904,** 97. Utz, Rev. Chem. Fett- u. Harzind. **1907,** 137; Subcommittee on linseed oil der Amer. Society for testing materials: oil and trades journal **1909,** 299. Sheppard, Drugs, oils and paints **1912,** Nr. 9, Ref. Farbenztg. **1912,** 1561. H. Wolff, Taschenkalender für die Fett- und Ölindustrie (Verl. Diemer, Mainz) **1913.** Stadlinger, Seifenfabr. **1914,** 680.
8. Lewkowitsch, Chem. Technol. **1905 I,** 309. Allen, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1907,** 137. Mc Illhiney, Chem. Rev. **1901,** 226. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, S. 7.
9. W. Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde, Jg. 3, 165, Ref. Chem. Zentrbl. **1908 I,** 2001.
10. Entschleimung v. Leinöl: Andès, Farbenztg. **1906,** 397. Niegemann, Farbenztg. **1906,** 503, 617. Zusammensetzung v. Leinölschleim: Thompson, J. Am. Chem. Soc. **1903,** 716. O. Eisenschime, Journ. of Ind. and Engin. Chem. **II,** 28, Ref. Zentralbl. **1910 I,** 1995. Kochs, Mitt. Mat. Prüf. **I,** 193.
11. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, S. 111ff. (vollständige kritische Zusammenstellung der hierhergeh. Arbeiten). Derselbe, Chem. Umschau Fett- u. Harzind. **1917,** Heft 12 u. **1918,** Heft 1ff.
12. Shermann u. Snell, J. Am. Chem. Soc. Jg. 23, 164; Ref. Chem. Zentrbl. **1901 I,** 1179.
13. Rakusin, Chem. Ztg. **1905,** 690.
14. Fahrion, Chem. der trocknenden Öle, S. 14 (Angaben nach Kunkler, Bearn und einem Ungenannten).
15. Absorptionsspektrum s. Marcille, Ann. des Falsifications, Jg. 3, 423.
16. Fahrion, Holde, Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 4. Sheppard, Wolff, Stadlinger s. 7. Procter u. Holmes, J. Soc. Chem. Ind. **1905,** 1289. Harvey u. Wilkie, Chem. a. Drug. **76,** 50; Ref. Chem. Zentrbl. **1910 I,** 1358. Niegemann u. Kayser, Farbenztg. **1912,** 789, 2165. Sjollema s. 5.
17. Harvey u. Wilkie s. 16.
18. Felsinger, Chem. Ztg. **1894,** 1005. W. Thörner, Chem. Ztg. **1894,** 1154. Rakusin, J. Russ. Phys.-Chem. Ges. **1905,** 442; Ref. Chem. Ztg. **1905,** 661.
19. Landolt u. Börnstein, Tabellen, **1894,** S. 492.
20. Allen, J. Soc. Chem. Ind. **1886,** 282 nach Ubbelohde, Handb. S. 351.
21. Davidson u. Wrage, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1915,** 11.
22. Nördlinger, Z. anal. Ch. **1889,** 183. Lewkowitsch, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1898,** 212. Schestakoff, Ebenda **1902,** 204. Tomarchio, Chem. Ztg. **1906.**
23. Fahrion, Holde, Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 4; ferner: Amsel, Z. angew. Ch. **1895,** 875. Henriques, Ebenda S. 722. H. Wolff, Farbenztg. **1910,** 267. Sheppard s. 7.
24. Fahrion, Holde, Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 4. Wijs, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1899,** 30. Niegemann u. Kayser s. 16. Sheppard s. 7. Smith u. Tuttle, Farbenztg. **1915,** 880. Holde, u. Meyerheim, Chem. Ztg. **1912,** 1076.

25. Meister, Farbenztg. **1910**, 17. H. Wolff, Farbenztg. **1910**, 120.
26. Ausführliche kritische Besprechung der sehr zahlreichen Arbeiten über diesen Punkt s. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle und eine neuere Arbeit Orlow, J. Russ. Chem. Ges. **1911**, 1503; Ref. Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1913**, 51.
27. Hehner u. Mitschell, Analyst **1898**, 333 und vornehmlich Eibner u. Muggenthaler, Farbenztg. **1912**, 131ff., s. Abschn. II, A.
28. Maumené, Compt. rend. **1882**, 572. Tortelli, Chem. Ztg. **1905**, 930 u. **1909**, 134. Eibner u. Wilsch, Farbenztg. **1914**, 801ff.
29. Hefter, Technol. der Fette u. Öle **1906 I**, 662ff. Ubbelohde, Handb. **1908 I**, 795ff.
30. Steinau, Farbenztg. **1915**, 879.
31. v. Kreybig, Farbenztg. **1915**, 742.
32. Seeligmann, Farbenztg. **1910**, 948.
33. Marcusson u. v. Huber, Seifensiederztg. **1911**, 249.
34. v. Hübl, Dingl. Journ. **1884**, 281. Lewkowitsch, Chem. Rev. **1898**, 212. Chermanu. Falk, J. Am. Chem. Soc. **1903**, 711.
35. R. Scherer, Die Fußboden- u. Wandbeläge, W. u. L. **1907**. H. Fischer, Geschichte u. Eigenschaften des Linoleums, Leipzig 1888. L. E. Andés, Die Fabrikation des Linoleums, Hartlebens Verl., Wien u. Leipzig 1896. Fr. Limmer, Z. angew. Ch. **1907**, 1349. Fritz, Kunststoffe **1911**, 12, 81, 169; **1913**, Heft 2.
36. Niegemann u. Kayser, Chem. Ztg. **1905**, 898. E. Stock, Farbe u. Lack **1912**, 421; Chem. Ztg. Rep. **1913**, 286; s. a. Farbenztg. 14. Jg., Nr. 40, 43, 44, 45.
37. Theoretisches: Henriques, Chem. Ztg. **1893**, 634, 916. Weber, J. Soc. Chem. Ind. **1894**, 11. Michael, Ber. chem. Ges. **1895**, 1633. Altschul, Z. angw. Ch. **1895**, 535, 691. Praktisches: W. Esch, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1911**, 87. G. Hübener, Kunststoffe **1911**, 263. Esch, Der Gummitechniker. Ljubowski, Seifensiederztg. **1914**, 10.
38. A. Bernhardt, Seifenfabr. **1910**, Nr. 10. A. Burkert, Seifenfabr. **1910**, 916. M., Ebenda **1910**, 898. A. B., Ebenda **1910**, 679.
39. Wijs, Zeitschr. f. Unters. d. Nahr- u. Genußmittel **1903**, 492. Meister, Farbenztg. **1910**, 266. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, S. 287ff.
40. Wallenstein u. Fink, Chem. Ztg. **1894**, 1190. Meister, Farbenztg. **1910**, 20. (Fahrion, Chemie d. trockn. Öle, S. 292.)

6. Mohnöl; lat.: oleum papaveris; franz.: huile de pavot, h. d'oeillette, huile blanche; engl.: poppy oil, maw oil.

Gewinnung: Pressen (kalt, dann heiß) des Mohnsamens, auch Extraktion[1]).

Chemische Zusammensetzung[2]): hauptsächlich Triglyzeride der Palmitin-[3]), auch Stearin-, Linol- und Ölsäure, wenig Linolensäure[4]), 0,5% unverseifbare Stoffe.

Erstarrungspunkt[5]): —15 bis —20°, die Säuren bei +15 bis +17°.

Schmelzpunkt der Fettsäuren[5]): 20—21°.

Zähigkeit: etwa 8 Englergrade bei 20°[6]).

Dichte[5]): D_{15} = 0,924—0,927.

Ausdehnungskoeffizient[7]). 0,000776.

Verbrennungswärme[8]) 9382 kcal.

Flammpunkt[9]) 250°.

Farbe: Farblos bis rötlichgelb.

Brechungsexponent[10]): 1,477—1,478 bei 15° (= 78—80 Skalenteile im Zeißschen Butterrefraktometer). Änderung für 1° = 0,00037[11]) (= 0,6 Skalenteile).

Optische Aktivität: 0 bis 0,2° (4°)[12]) im 10 cm-Rohr.

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln leicht löslich, wenig in Alkohol.

Gehalt an freien Säuren: Speiseöle bis etwa 3%, technische bis etwa 20%[13]).

Verseifungszahl[5]): 189—198.

Jodzahl[5]): 140—160 (selten niedriger als 133).

Verhalten gegen Luft und Chemikalien: In dünnen Schichten an der Luft trocknet Mohnöl zu einer festen, elastischen Haut ein (Näheres s. „Leinöl"). Brom wird aufgenommen, führt aber wegen des geringen Gehaltes an Linolensäure nur zur Bildung sehr geringer Mengen unlöslicher Hexabromide (unter 1%)[14]).

Prüfung: Durch Bestimmung der Dichte, des Brechungsexponenten, der Verseifungs- und Jodzahl und des Erstarrp. der Fettsäuren. Verfälschungen sind häufig, besonders Leinöl (Erhöhung von Jodzahl, Vermehrung unlösl. Bromide, s. o.). Auch Rüböl (Spez. Gew., Jod-, Verseifungszahl erniedrigt), Untersuchung bei abweichenden Kennzahlen s. d. Handbücher von Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer[5]). Da Mohnöl meist in den gleichen Pressen wie Sesamöl gepreßt wird enthält es oft Sesamöl (bis 2%) und gibt die Baudouinsche Reaktion (s. Sesamöl).

Haltbarkeit: Bei Luftzutritt tritt Oxydation ein. Nach einigen Angaben wird Mohnöl leicht, nach anderen schwer ranzig. Letzteres dürfte nur bei sehr reinem Öl der Fall sein.

Verwendung: Kalt gepreßtes meist als Speiseöl, auch pharmazeutisch. Es wird oft zur Geschmacksverbesserung mit Sesam- oder Nußöl versetzt. Säurefreies oder -armes Mohnöl wird viel als Bindemittel für feine Ölfarben (Tubenfarben) benutzt. Es gibt hellere Farbtöne, als Leinöl, verdickt sich mit Farben nicht so leicht, wie dieses und wird bei pastosem Auftrag nicht so leicht runzelig. Es wird auch mit Trockenstoffen zu Firnis gekocht, auch wird Firnis und unbehandeltes Öl in Mischung verwendet[15]). Billigere technische Sorten dienen zur Schmierseifenfabrikation. Ersatz ist Leinöl.

Herkunft und Statistisches: Hauptexportländer sind Indien, Rußland, Türkei

(Frankreich, Holland). In Deutschland wurden 1880—1900 jährlich etwa 5000 t Mohnsaat geerntet (Ölausbeute etwa 15 bis 20%), später weniger (Thüringen, Sachsen, Mittelrhein). Nach nicht ganz einwandfreier Statistik wurden etwa 30 000 t Saat eingeführt. Hier sind aber die bedeutenden nicht zur Ölbereitung dienenden Mengen inbegriffen.

Preise nach Farbe und Güte (z. B. Säurefreiheit, Geschmack) wechselnd. 1913 etwa 80—110 M. die 100 kg. Wird in Fässern bis 250 kg, Speiseöl auch in Ballons gehandelt. Kleine Mengen in Blechkanistern.

Literatur:

1. S. Hefter, Technol. der Fette u. Öle, Bd. II, Berlin **1906**.
2. Fahrion, Chem. d. trocknenden Öle Springer. Beckurts u. Heiler, Arch. Pharm. **1895**, 423. Thomson u. Dunlop, Analyst **1906**, 283. Olig u. Brust, Ztschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel **1909**, 561.
3. Tolman u. Munson, J. Am. Soc. **1903**, 690.
4. Hazura u. Grüßner, Monatshefte f. Chem. **1888**, 148.
5. Holde, Analyse d. Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin **1918**. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Fette usw., Braunschweig **1905**. Benedikt-Ulzer, Analyse d. Fette usw., Berlin **1908**. Fahrion s. 2.
6. Holde s. 5.
7. Berechnet nach W. Thörner, Ztschr. f. Apparatenkunde **3**, 165, Zentrbl. **1908 I**, 2001.
8. Snell, Zentrbl. **1901 I**, 1179.
9. Rakusin, Chem. Ztg. **1905**, 690.
10. S. 5. Auch Utz, Chem. Ztg. **1903**, 1177; **1904**, 257.
11. Harvey u. Wilkie, Zentrbl. **1910 I**, 1358.
12. Rakusin s. 9. Utz, s. 10. Crossley u. Le Sueur, J. Soc. Chem. Ind. **1898**, 989.
13. Hefter s. 1. Lewkowitsch s. 5. Nördlinger, Z. angew. Ch. **1889**, 183; **1890**, 6.
14. S. a. Eibner u. Muggenthaler, Farbenztg. **1912**, 582.
15. Lotter, Chem. Ztg. **1894**, 1696.

7. Nußöl, lat.: oleum juglandis; franz.: huile de noix; engl.: nut (walnut) oil.

Gewinnung: Pressen und Extraktion, besonders der Preßrückstände.

Chemische Zusammensetzung: Triglyzeride der Myristin-, Laurin-, Linolsäure, geringe Mengen Öl- und Linolensäure.

Erstarrungspunkt des Öles —27°, der Fettsäuren 14—16°.

Schmelzpunkt der Fettsäuren 16—20°.

Dichte: $D_{15} = 0{,}925—0{,}9265$.

Farbe: Farblos oder (besonders warm gepreßt) schwach grünlich.

Brechungsexponent bei 40° 1,469—1,471 (65 bis 68 Skalenteile im Zeißschen Butterrefraktometer).

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln leicht löslich.

Gehalt an freien Säuren: Bis etwa 5%.

Verseifungszahl: 188—197.

Jodzahl: 143—152.

Verhalten gegen Luft und Chemikalien: Trocknet wie Leinöl (s. d.). Brom wird aufgenommen, jedoch wegen der geringen Mengen Linolensäure werden nur etwa 1,5% unlösliche Hexabromide gebildet. (Unterschied von Leinöl.)

Prüfung: Spez. Gew., Brechungsexponent, Verseifungs- und Jodzahl. Verfälschung nicht selten. Besonders Mohn- und Leinöl, ersteres schwer aufzufinden, letzteres durch Vermehrung unlöslicher Hexabromide (s. Leinöl) erkennbar.

Haltbarkeit: Auch in geschlossenen Flaschen nicht besonders gut, da Nußöl leicht ranzig wird.

Verwendung: Als Bindemittel für Künstlerfarben, Gemäldefirnis. Nußölaufstriche sollen weniger leicht springen, als solche von Leinöl, was aber zweifelhaft ist und bestritten wird. Nußöl dient ferner als Speiseöl.

Statistisches Material ist nicht zu erlangen; der Verbrauch ist jedenfalls beschränkt schon wegen des hohen Preises.

Literatur:

Fahrion, Chem. d. trocknenden Öle, Berlin **1911**. Zusammensetzung s. a. Hazura u. Grüßner, Monatshefte f. Chem. **1888**, 198. Eignung als Maleröl: Täuber, Chem. Ztg. **1909**, 85.

Konstanten, Petkow. Ztg. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel **1901**, 826. S. a. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Öle usw., Braunschweig **1905**. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette usw., Berlin **1908**.

8. Olivenöl (Baumöl s. a. „Handelssorten"); franz.: huile d'olive; engl.: olive oil; lat.: oleum olivarum.

Gewinnung: Mehrfaches Pressen des Fruchtfleisches der Olive (olea europaea sativa) und Extraktion der Rückstände (s. a. „Handelssorten")[1]).

Chemische Zusammensetzung[2]): Triglyzeride der Öl-, Linol- und Palmitinsäure in sehr wechselnden Verhältnissen, geringe Mengen (bis zu 1,4%) Arachinsäure. Der Minimalgehalt an festen Fettsäuren soll 2—5% sein[3]), der Maximalgehalt, den tunesische Öle aufweisen, etwa 25%[4]). Unverseifbare Stoffe: 0,5—1,4%.

Erstarrungspunkt: Im allgemeinen bei 3—4° Trübung, bei — 9° fest, andere (z. B. tunesische) bei 9—10° trübe, bei 0° fest[5]). Erstarrp. der Fettsäuren 17—24,6°[5]). Schmp. der Fettsäuren 22—28,5 (kalifornische auch bis 19° herab)[5]).

Zähigkeit: Bei 20° etwa 10, bei 50° etwa 3,8, bei 100° etwa 1,8[6]).

Dichte: D_{15} = 0,914—0,917, geringe Sorten auch höher bis 0,930[5]).

Wärmeausdehnung: Kubischer Ausdehnungskoeffizient 0,000729[7]) bis 0,000764[8]).

Verbrennungswärme: 9451—9457[9]).

Spezifische Wärme: 396 und 471[10]).

Wärmeleitungsvermögen: 32,1 (Wasser = 100)[11]).

Flammpunkt: 305°[12]).

Farbe: Fast farblos bis goldgelb, geringe auch braun und grünlich.

Brechungsindex: 1,4685—1,4715 bei 15° (64—69 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktom.[5]). Änderung für 1° C 0,00036[13]) (0,6 Skalenteile)[14]).

Optische Aktivität: 12′ im 200 mm-Rohr[15]).

Elektrische Leitfähigkeit[16]) 10—[17]).

Dielektrizitätskonstante: 3,08—3,16[17]).

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln (Äther, Petroläther, Benzol, Terpentinöl) leicht löslich. 100 ccm absoluter Alkohol lösen 2,2 g Neutralfett[18]).

Gehalt an freien Säuren: Bei Speiseölen sehr gering, etwa 0,2—2%, technische Öle höher (bis 15% und mehr, Tournantöl bis zu 50%; s. a. „Verwendung“[5] und „Handelssorten“)[1]) [2]).

Verseifungszahl: 189—195[5]).

Jodzahl: 78—88 (meist 81—85, tunesische Öle aber auch bis 92,5)[5]) [19]).

Vom *Verhalten gegen Chemikalien* ist das gegen Schwefelsäure wichtig, welche Olivenöl sulfuriert zu leicht emulgierbarem Gemisch von Sulfosäuren, Polymerisations- und Anhydrisierungsprodukten (Türkischrotöl s. „Verwendung“).

Prüfung: Durch Bestimmung des spez. Gew., der Brechung (niedriger als die der meisten Öle!), Verseifungs- und Jodzahl, sowie Erstarrp. und Schmp. der Fettsäuren.

Verfälschungen sind sehr häufig: z. B. Erdnußöl, Rüböl (s. d.), Sesam-, Baumwollsaatöl, Schmalzöl. Über den Nachweis s. die betr. Öle, dieser ist oft sehr schwer und nur dem Erfahrenen (an Hand der Lehrbücher)[1]) [2]) [5]) möglich. Wichtig ist, daß Olivenöl für technische Zwecke mit Rosmarinöl vergällt wird, das eine Erhöhung der Menge unverseifbarer Stoffe bedingt. Diese Erhöhung ist also nicht immer eine Verfälschung!

Die *Haltbarkeit* des Olivenöls ist gut nur bei völligem Abschluß von Luft und Licht (auch nur bei reinen Ölen), sonst neigt Olivenöl sehr leicht zum Ranzigwerden.

Verwendung: Abgesehen von der namentlich in den Ursprungsländern überaus umfangreichen Verwendung als Speiseöl (auch zu pharmazeutischen und kosmetischen Zwecken, Salben, Haaröle) wird Olivenöl in großen Mengen zur Seifenherstellung verwendet, gute Sorten zu Toiletteseifen, Marseiller Seifen, feinen Textilseifen, geringe z. B. Sulfuröl für mindere Textilseifen. Außerdem dient es als Schmieröl und als Brennöl [hauptsächlich Italien und auch Rußland (rituell)]. Für beide Zwecke ist ein höherer Säuregehalt (mehr als 5%) schädlich[20]), da die Lager sonst angegriffen bzw. die Dochte verstopft werden. Umgekehrt ist bei Tournantölen, Höllenölen; die zur Türkischrotfärberei dienen sollen, ein hoher Gehalt an freien Fettsäuren (am besten um 27%)[21]), der leichteren Emulgierbarkeit mit Soda- und Pottaschelaugen wegen erwünscht. Für Färbereizwecke wird auch (besonders als „Avivage“ in der Seidenfärberei) Olivenöl sulfuriert[22]), meist mit Rizinusöl zusammen, das sonst das Olivenöl in der Färberei fast völlig verdrängt hat. In der Textilindustrie wird Olivenöl auch zum Wollschmelzen gebraucht; in der Lederindustrie zum Fetten des Leders. Als Ersatz wird in der Seifenindustrie Erdnuß-, Baumwollsaat-, Sesamöl u. a. gebraucht. Bei der Sulfurierung zu Türkischrotölen Baumwollsaatöl. Zum Fetten von Wolle: Erdnuß- und Sesamöl, auch Talg- und Rüböl (Baumwollsaatöl hierfür weniger geeignet).

Nebenprodukte treten kaum auf; gelegentlich werden an festen Glyzeriden reiche Öle durch Kühlen in einen dünnflüssigen und dicken Teil getrennt, welch letzterer zur Herstellung harter Seifen dient.

Handelssorten: Man unterscheidet gewöhnlich nach ihrer Verwendung Speiseöle (huiles comestibles, table oil) und technische Öle (huile d'olive à fabrique, fabricated oil). Unter Baumöl werden gewöhnlich Öle für technische Zwecke verstanden, doch wird dieser Name auch für Olivenöl schlechthin gebraucht. Nach Beschaffenheit oder Herstellungsart unterscheidet man auch: Jungfernöl, d. i. Öl erster Pressung (nach Herkunft auch als Provencer-, Nizzaer-, Luccaer-, Airer-, Toskaner- usw. Öl genannt); franz. huile vierge, huile surfine; das Öl zweiter Pressung, das auch zum großen Teil als Speiseöl dient, heißt oft „Olivenöl“ schlechthin, auch Feines Olivenöl, Sekundaöl (franz.: huile d'olive fine). Die Preßrückstände zweiter Pressung werden entweder mit heißem Wasser gekocht (ev. gepreßt), Lavatöle, oder extrahiert: Extraktionsöle, Nachmühlenöle, Rückstandsöle, mit CS_2 extrahierte: Sulfuröle (trübe Rückstandsöle auch als Satzöl bezeichnet) schmutzig gelbe, graue bis grüne Farbe, oft viel Oxysäuren (sog. „Harzstoffe“) enthaltend, die die Beschaffenheit der damit hergestellten Seife mindern. Aus gegohrenem Fruchtfleisch erhält man die säurereichen Tour-

nant- oder Höllenöle. Die Öle werden gewöhnlich in Holzfässern (Barrels, auch Ölpipen, Stampen genannt) gehandelt von 100—200 kg Inhalt, auch größeren bis zu 600 kg. Speiseöle in kleinen Mengen auch in Blechkannen (Kanistern) zu 10 und 20 kg.

Haupthandelszentren: Bari, Palermo, Neapel, Genua, Livorno, Messina, Marseille, Toulon, Nizza, Montpellier, Valluzia, Sevilla, Barzelona, Cadiz, Malaga, Gallipoli, Korfu, in letzterer Zeit auch Kalifornien.

Statistisches: Weltproduktion: etwa 1000000 t, daran sind am meisten Italien mit etwa 250000 t und Spanien und Portugal mit zusammen etwa 290000 t beteiligt, es folgen Türkei und Kreta mit rund 185000 t, Frankreich einschließlich Tunis und Algier 85000 t, Griechenland 57000 t und der Rest auf andere Staaten. Deutschlands Einfuhr betrug 1910 11322 t, 1912 8424, 1913 nur 4768 (Baum-, Lavat- und Sulfuröl). Hiervon etwa 90% aus Italien und nur 10% aus Frankreich.

Die *Preise* schwanken je nach Art der Öle und Ernteausfall, die besten Sorten kosteten meist um 95 M. für 100 kg, technische Öle 60—70, zuzeiten aber auch bis 110 M. Minderwertige spanische technische Öle haben aber auch schon unter 50 M. gekostet.

Literatur:

1. Hefter, Technologie der Fette u. Öle, Berlin, **II**, 414.
2. Lewkowitsch, Handb. d. chem. Technolog. der Fette u. Öle, Braunschweig **1905**, **II**, 195ff. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten, Berlin 1908.
3. Tolman u. Munson, J. Am. Chem. Soc. **1893**, 956.
4. Bertainchand, Bull. de la direction du commerce, Tunis 1903, 167.
5. Holde, Unters. d. Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin 1913; s. a. 1 u. 2.
6. Lewkowitsch, Handb. **I**, 216.
7. Ubbelohde, Handb. der Chem. u. Technol. der Öle **1908 I**, 309.
8. Berechnet nach Angaben v. W. Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde **3**, 165; Chem. Zentrbl. **1908 I**, 2001.
9. Scherman u. Snell, J. Am. Chem. Soc. Chem. Zentrbl. **1901**, **I**, 1179.
10. Wachsmuth u. Weber nach Landolt-Börnstein, Tabellen **1894**, 338.
11. Christiansen, Ebenda **1894**, 336.
12. Künkler, Dingl. Journ. 274, 276.
13. Harrey u. Wilkie, Chem. a. Drug. **76**, 50; Chem. Zentrbl. **1901 I**, 1358.
14. Beckkurts u. Heiler, Arch. Pharm. 233, 423; s. a. Mansfeld, Forschungsberichte für Lebensmittel **I**, 68. Halenke, Ebenda S. 467.
15. Bishop, J. Chim. Pharm. **16**, 300.
16. Roller nach Landolt-Börnstein, Tabellen **1894**, 1492.
17. Thornton, Proc. Roy. Soc. London **A 82**, 42; Chem. Zentrbl. **1909 II**, 1192.
18. Davidsohn u. Wrage, Chem. Rev. d. Fett- u. Harzind. **1915**, 11.
19. R. Marcille, Ann. Falsif. **1910**, 372 nach Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1910**, 299.
20. Lewkowitsch, Handb. II, 198.
21. Erban, Die Anwendung von Fettstoffen usw. in d. Textilindustrie, Halle 1911, S. 228.
22. s. 21 S. 106.

9. Palmkernöl: Kernöl; franz.: huile de palmiste, h. d. pepin de palme; engl.: palm seed-, kernel-, palm nut-oil.

Gewinnung: In den Einfuhrländern aus den Kernen der Ölpalme (nach Gewinnung des Palmöls aus dem Fruchtfleische in den Ausfuhrländern), durch Pressen, auch durch Extraktion gewonnen[1]).

Zusammensetzung: Laurin- und Myristinsäuretriglyzerid, Olein (15—20%), etwa 5% flüchtige Säuren, (Caprin-, Capryl-, Capronsäure)[2]).

Erstarrungspunkt: 23—24°, auch bis zu 20° herab[3]).

Erstarrungspunkt der Fettsäuren: 20—25°[3]).

Schmelzpunkt: 23—28°; bei gewöhnlicher Temperatur Butterkonsistenz[3]); Schmp. der Fettsäuren 22—28,5°[3]).

Dichte: $D^{15}/_{4}$ 0,941—0,955, $D^{40}/_{15,5}$ 0,912[3]).

Kubischer Ausdehnungskoeffizient: 0,000701[4]) bis 0,001136[5]).

Farbe: Weiß bis gelblich.

Brechungsexponent: Etwa 1,443 (27 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktom.) bei 60°, 1,450 (37) bei 40°.

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln (Äther, Petroläther, Benzol) leicht löslich; besondere Beobachtungen liegen nicht vor.

Gehalt an freien Säuren: Frische und entsäuerte Ware enthält 0 bis etwa 1,5% freie Säure. Rohe Handelsware 3—15%, auch mehr. Gepreßtes Öl ist gewöhnlich stärker sauer als extrahiertes[6]).

Verseifungszahl: 241—255 (meist 245—250)[3]).

Jodzahl: 10—18 (meist 13—15)[3]).

Prüfung: Außer Erstarrp. und Schmp. des Öles und der Fettsäuren ist die hohe Verseifungszahl charakteristisch. Nur Kokosnußöl ist dem Palmkernöl sehr ähnlich. Unterscheidung dieser sehr schwierig, nicht immer möglich[7]). Verfälschungen sind selten. Die Mischung mit Kokosnußöl wird nicht immer als Fälschung betrachtet, da gewöhnlich beide gleichen Preis und Verwendungsmöglichkeit haben. Palmkernöl selbst wird dagegen zum Verfälschen gebraucht, z. B. von Talg für die Stearinfabrikation.

Haltbarkeit: Beim Aufbewahren unter Luftabschluß wird das Öl nur langsam und wenig verändert, etwas rascher bei Luft-

zutritt (Sinken der Jodzahl, Zunahme der freien Säure)[8]).

Verwendung: Frische Öle werden zur Speisefettfabrikation verwendet, jedoch nicht so viel wie Kokosnußöl, da es schwerer zu desodorieren[9]) ist. Hauptverwendung: Seifen- und Kerzenindustrie. Die Verseifung ist nur mit starker Lauge möglich, die Seifen brauchen viel Salz, um ausgeschieden zu werden, sind dann aber fest und weiß und nehmen viel Füllstoffe auf, ohne weich zu werden (Näheres s. Seife). Die sonstige Verwendung entspricht der des Palmöles. Als Ersatz kommt das Öl selbst in Frage für Kokosnußöl, das, verseift, noch mehr Füllstoffe aufnehmen kann; ersetzt kann es werden durch Palmkernfettsäuren (s. Nebenprodukte) und die entsprechenden Kokosfettsäuren. Auch Palmöl kann bei der Seifenfabrikation z. T. Palmkernöl ersetzen[10]).

Nebenprodukte treten bei der Entsäuerung und Raffination zu Speisezwecken in großen Mengen auf; sie werden handelsmäßig als „Palmkernfettsäure" bezeichnet und stellen dar ein Gemisch[11]) 1. von Neutralfett, Fettsäuren, Kalk- (oder Natron-)Seife, Schmutz, Wasser oder 2. wie 1 ohne Seife oder 3. wie 1 und 2 aber gemischt mit Reinigungsabfällen anderer Öle (Erdnuß, Baumwollsaat). Ferner kommt der bei der Herstellung von Margarine abfallende flüssigere Teil des Fettes als „Palmkernolein" (Erstarrp. der Fetts. etwa 17°) in den Handel (zur Seifenfabrik. dienlich)[12]).

Handelssorten: Rohes (meist „Palmkernöl", „Kernöl" schlechthin genannt) und raffiniertes Öl (meist als „Palmkernfett" oder Butter bezeichnet), von Farb-, Riech- und Geschmacksstoffen befreit. In Fässern bis 500/600 kg gehandelt. Kleine Mengen Speisefett in Kisten zu 10—20 kg.

Handelszentren: Das Palmkernöl wird zum weitaus größten Teil in den Verbrauchsländern selbst gepreßt aus eingeführten Kernen, vornehmlich aus Lagos, dem Nigergebiet, Togo und Kamerun. Die deutsche Einfuhr geht fast ganz über Hamburg; gepreßt wird vor allem in Harburg und am Rhein.

Statistisches: Öl wird wenig eingeführt, wohl aber viel in Deutschland gepreßtes ausgeführt:

	Einfuhr		Ausfuhr	
	Öl t	Kerne t	Öl t	Kerne
1910	67	242 454	44 119	ganz
1911	164	250 453	38 858	un-
1912	5,6	261 408	32 340	wesent-
1913	48,5	235 917	28 955	lich

Da die durchschnittliche Ausbeute auf 37% Öl angesetzt werden kann, würde sich für Deutschland ein jährlicher Verbrauch von rund 55000 t berechnen. Die Preise bewegten sich vor dem Krieg meist um 90 M. pro 100 kg, erreichen zeitweise 100 M. und gehen auch unter 80 M. herunter.

Literatur:

1. Hefter, Chem. Technol. der Fette und Öle, Berlin 1906, **II**, 560ff. Lewkowitsch, Chemie u. Technol. der Öle usf. (Braunschweig, Vieweg & Sohn) **1908 II**, 317.
2. Lewkowitsch 1. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Öle (Springer, Berlin 1908). Holde, Analyse der Kohlenwasserstofföle und Fette (Springer, Berlin 1913); s. a. Heiduschka u. Berger, Z. f. öffentl. Chem. **1914**, 361. Elsdon, The Analyst **1914**, 78 (Z. angew. Ch. **1915 II**, 99. Heiduschka, Z. angew. Ch. **1915**, 304.
3. Hefter, Lewkowitsch s. 1. Benedikt-Ulzer, Holde s. 2.
4. Ubbelohde, Handb. der Chemie u. Technol. der Öle (Hirzel, Leipzig) **1908 I**, 309.
5. Berechnet nach Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde **3**, 165 (Chem. Zentrbl. **1908 I**, 2001).
6. Hefter s. 1.
7. Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer, Holde s. 2; s. a. van Kreyten, Chem. Weekbl. **1915**, 788 (Chem. Zentrbl. **1915 II**, 1031).
8. Emmerling, Landwirtsch. Versuchsstation nach Lewkowitsch s. 1; **II**, 321.
9. Hefter s. 1; **II**, 578.
10. H. P., Seifensiederztg. **1913**, 311.
11. Gehring, Seifensiederztg. **1913**, 470.
12. Lewkowitsch s. 1.

10. Palmöl, Palmfett, Palmbutter; franz.: huile de palme; engl.: palm-oil; lat.: oleum elaidis.

Gewinnung: Pressen (auch sehr primitiv durch Ausschlagen mit Hölzern) aus dem Fruchtfleisch der Palmen elais guineensis und melanococca, auch durch Gärenlassen und Abschöpfen des Fettes[1]).

Chemische Zusammensetzung: Hauptsächlich Palmitin und Olein[2]).

Erstarrungspunkt[3]): 31—39° je nach Gehalt an freien Säuren.

Erstarrungspunkt der Fettsäuren[3]) s. Handelssorten.

Schmelzpunkt[3]): 27—43° je nach Alter und Säuregehalt.

Dichte[3]): $D^{15}/_{4}$ 0,921—0,948. $D^{50}/_{15,5}$ 0,893.

Kubischer Ausdehnungskoeffizient: 0,000727[4]), 0,001013[5]).

Farbe: Orangegelb (z. B. Lagosöl) bis rubinrot (z. B. Kongoöl); gebleichtes: weiß bis gelblich, auch etwas grau.

Brechungsindex: 1,451 (38 Skalenteile Zeiß' Butterrefrakt.) bei 60°, 1,457 (47) bei 40°[3]).

Löslichkeit: Je nach Säuregehalt mehr oder

wenig alkohollöslich. In den üblichen Fettlösungsmitteln leicht löslich.

Gehalt an freien Säuren: Sehr verschieden, stets aber hoch, oft über 60%, ja sogar völlig gespalten.

Verseifungszahl: 196—207 (meist 201—205)[3]).

Jodzahl: 51—58[3]).

Verhalten gegen Luft und Chemikalien: Luft bleicht allmählich [schneller beim Durchblasen in der Wärme (150°)] den Farbstoff aus. Gewöhnliche Bleichung: mit Kaliumbichromat und Salzsäure. Bleichfähigkeit sehr verschieden, am besten bei Lagos und Old Calabaröl, am schlechtesten bei Kongoöl. Schlechtbleichende Öle (häufig „Liverpooler" genannt) bleiben graustichig. Durch Erhitzen auf 210—220° im geschlossenen Kessel wird das Öl grau durch Kohleteilchen, aber der Farbstoff zerstört, so daß Seifen aus so behandeltem Öl weiß werden. Saure Verseifung zerstört den Farbstoff, alkalische nicht.

Prüfung: Besonders: Schmp. und Erstarrp. des Öles und der aus ihm hergestellten Fettsäuren. Wichtig: Bestimmung von Wasser und Sand (zusammen sollen nicht mehr als 2% zugegen sein). Verfälschungen sind selten und können durch die veränderten Kennzahlen ermittelt werden (Baumwollsamenöl, Erdnußöl, auch Mineralöl und Paraffin). Derartige verschnittene Öle werden auch als „Palmölschmierfett" verkauft.

Haltbarkeit: Palmöl wird leicht ranzig.

Verwendung: Palmöl wird viel in der Seifenindustrie verwendet, es ist leicht verseifbar und gibt feste, leicht und gut schäumende Kernseifen. In der Kerzenindustrie ist es in großem Maßstabe Ausgangsmaterial zur Gewinnung der Palmitinsäure. Weiterhin auch als Wagen- und Maschinenschmierfett, meist mit anderen Fetten, Ölen, Mineralöl zusammen. In der Färberei (Türkischrot-Färb.) als „Reserve" in Weißbädern bei der Mustererzeugung, endlich in der Feuerverzinnung, um das erhitzte Eisen bis zum Eintauchen in das geschmolzene Zinn vor Oxydation zu schützen. Als Speiseöl[6]) kommt es weniger in Frage, hierbei soll der Säuregehalt nicht mehr als 8%, Schmutz und Wasser nicht mehr als je ½% betragen. Ersatz für Palmöl kommt kaum in Frage, dagegen ist es selbst Ersatz für Palmkern- und Kokosnußöl (s. d.).

Nebenprodukte treten bei der Entsäuerung zu Speiseöl auf in geringer Menge in Form von Schmutz und Wasser enthaltendem Gemenge von Neutralfett und Seifen, dienlich zur Seifenfabrikation.

Handelszentren sind die großen Überseehäfen, in Deutschland vornehmlich Hamburg.

Handelssorten: Häufig werden die Palmölsorten nach ihrer Herkunft bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht streng durchgeführt und wird oft nur gewählt, um die Eigenschaften des Öls zu kennzeichnen, wie z. B. bei Lagosöl die leichte Bleichbarkeit. Die Sorten unterscheiden sich auch im großen und ganzen durch den verschiedenen Schmutzgehalt und Titer (Erstarrp.) der Fettsäuren. Die wichtigsten Sorten[7]) sind:

	Wasser und Schmutz Prozent	Fettsäuretiter Grad
Lagos	1—2	45—46
Calabar	1—3	44,5—46,5
Benin	1,5—3	45—46,5
Kamerun	1,5—3,5	45,5—47
Kongo	1,5—3,5	46—49
Saltpond	5—14	46—48,5
Iddah	3—5	44—46
Sherbro	3—8	42—44
Liberia	1—4	42—44
Half Jack	2—5	39—41,5

Statistisches: In der Erzeugung von Palmöl stehen obenan die Nigergebiete mit jährlich etwa 42—43000 t, es folgen Goldküste und Lagos mit je etwa 20000 t, Kamerun und Togo mit je 4—5000 t. Die deutsche Einfuhr betrug 1910 — 16033, 1911 — 12889, 1912 — 11873 und 1913 — 15072 t.

Die *Preise* schwanken je nach Art des Öles nicht unbedeutend, für Lagosöl vor dem Krieg z. B. zwischen 60 und 65 M. für 100 kg, doch gehen sie auch zu Zeiten höher hinauf, z. B. Ende 1910 auf 75 M.

Literatur.

1. Lewkowitsch, Chem., Technol. u. Analyse der Öle usw., Braunschweig, Vieweg u. Sohn **1905**, Bd. II. Hefter, Technol. der Fette u. Öle, Berlin **1906**, Bd. II. Halla, Seifens.-Ztg. **1911**, 1069.
2. Lewkowitsch s. 1. Bd. II, 281. Nördlinger, Z. angew. Ch. **1892**, 110; **1895**, 19.
3. Lewkowitsch-Hefter s. 1. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten, Springer, Berlin 1908. Holde, Untersuch. d. Kohlenwasserstofföle und Fette, Springer, Berlin 1913.
4. Ubbelohde, Handb. d. chem. Technol. d. Öle usw., Hirzel, Leipzig **1908**, I, 309.
5. Berechnet nach Thörner, Ztschr. f. Apparatenkunde **3**, 165 (Ch. Zentrbl. **1908**, I, 2001.
6. Chem. Rev. über d. Fett- u. Harzind. **1914**, 69.
7. S. auch Tabellen v. Eisenstein u. Rosauer, sowie de Schepper u. Geitel (nach Taschenkalender für die Öl- u. Fettind., Diemer, Mainz 1918, S. 68 u. 70.

11. Rizinusöl Kastoröl, Christpalmöl; franz.: huile de ricin; engl.: castor, palma, christ-champoil; lat.: oleum ricini.

Gewinnung[1]): Durch Pressung, seltener durch

Extraktion des Samens von ricinus communis. Der Samen enthält ein fettspaltendes Ferment, auch ein giftiges Alkaloid, die bei warmer Pressung z. T. ins Öl übergehen. Dieses wird daher mit kochendem Wasser zur Zerstörung bzw. Entfernung der gen. Bestandteile behandelt.

Chemische Zusammensetzung[2]: Hauptsächlich Triglyzeride zweier isomerer Rizinolsäuren (ungesättigte Säuren: $C_{12}H_{34}O_3$) zusammen etwa 80%[3]), ferner der Stearin- und Dioxystearinsäure (je 0,5—1%)[4]) und Ölsäure (3%)[4]). Unverseifbare Stoffe selten über 0,5%.

Erstarrungspunkt[5]): —10 bis —12° (auch bis —18°). Bei 0° scheiden sich 3—4% fester Glyzeride ab.

Erstarrungspunkt der Fettsäuren[5]): 3°.

Schmelzpunkt der Fettsäuren[5]): 13°.

Zähigkeit: Größer als die aller anderen fetten Öle: bei 15° etwa 200 Engler grade[6]), bei 20 etwa 140, bei 50° etwa 16,5[8]); bei 100° etwa 3,8[8]).

Dichte: D_{15} 0,960—0,973 (meist unter 0,968)[5].

Ausdehnungskoeffizient (kub.): 0,00069[9]).

Verhalten beim Erhitzen[10]): Ziemlich kompliziert verlaufende Polymerisation, wobei das Öl seine Löslichkeit (s. u.) umkehrt, alkoholunlöslich, mit Mineralöl mischbar wird (bei 300° in etwa 2 Stunden). Solche Öle kommen als „Florizin"- und „Derizin"-öl in den Handel[11]). Schon hierbei tritt teilweise Zersetzung (5—10%), bei längerem oder höherem Erhitzen stärkerer Zerfall ein unter Destillation von Önanthol, Önanthsäure u. a. (die als „Kognaköl" verwendet werden). Rasches Erhitzen oder Erhitzen mit Chlorzink liefert eine feste Masse, die trotz mancher Vorschläge wohl kaum technische Verwendung fand.

Verbrennungswärme: 8835 cal[12]).

Spez. Wärme: 434[13]).

Flammpunkt: 275°[8]).

Farbe: Farblos oder schwach gelblich bis grünlichgelb.

Brechungsindex[5]): 1,479—1,481 bei 15° (81 bis 85 Skalenteile im Zeiß'schen Butterrefraktom. Änderung für 1° C — 0,00038 (= 0,63 Skalenteile.)[14]).

Optische Aktivität: + 7,6 bis 9,7° im 200 mm-Rohr[15]).

Elektrische Leitfähigkeit[16]): 5.10^{-16}.

Dielektrizitätskonstante[17]): 4,61—4,82.

Löslichkeit: Rizinusöl ist im Gegensatz zu allen anderen Ölen in Alkohol leicht löslich (1 Teil braucht 2—3 Vol. 90%igen Alkohol, etwa 4 85%igen; mit absol. A. in jedem Verhältnis mischbar, desgl. mit Eisessig). Mit 1 Vol. Petroläther oder 1½ Vol. Petroleum (wenig mit höheren Mineralölen) mischt es sich; ein Überschuß dieser Stoffe scheidet sich über der Mischung ab[18]).

Gehalt an freien Säuren[18]): Meist sehr gering (etwa 0,5—2%), technische Öle bisweilen mehr.

Verseifungszahl: 176—187 (meist 178 bis 184)[5]).

Jodzahl: 82—90[5]).

Azetylzahl: 146—150 s. a. „Prüfung"[5]).

Verhalten gegen Luft: Beim „Blasen" erhitzten Öles wird Rizinusöl oxydiert (ohne technische Bedeutung). In dünner Schicht der Luft ausgesetzt trocknet es auch nach Jahren nicht auf, hierüber finden sich viel falsche Literaturangaben[18]).

Verhalten gegen Schwefelsäure s. „Türkischrotöl".

Prüfung: Durch das hohe spez. Gew., die Löslichkeit in Alkohol und Unlöslichkeit in Petroläther ist Rizinus leicht zu erkennen auch in Gemischen, dazu kommt die optische Aktivität und die hohe Azetylzahl (ist diese bei einem Ölgemisch a, so ist Gehalt an Rizinusöl: 89,3 + 0,715 a; dies gilt nicht bei Anwesenheit geblasener Öle). Gemeinhin genügt zur Reinheitsprüfung die Zollprobe: 5 g Rizinusöl bei 15—20° sollen in 15 g Alkohol (86 Gew.% klar löslich sein.

Verfälschungen, da leicht zu entdecken, selten, bei hohem Preis: geblasene Öle, Rüböl, Mineral- und Harzöle u. a. m.

Haltbarkeit: gut raffiniertes jahrelang nahezu unverändert (bis auf ranzigen Geruch und Geschmack). Fermenthaltiges wird schnell sauer.

Verwendung ist vielseitig: Als Arznei (Abführmittel), als Schmieröl, besonders für Flugzeug- und Luftschiffmotoren, möglichst destearinierter (hierfür fast unersetzlich!). Auch in Mischung mit Mineralöl wird erhitztes Rizinusöl s. o. „Verhalten beim Erhitzen" verwendet. Zur Herstellung von sog. Lederölen (Treibriemenöle). Zur Seifenfabrikation ist es nur zusätzlich zu verwenden 5%, bei Schmierseifen 10%, da sonst die Ausbeute zu sehr leidet; in diesem Prozentsatz wirkt es günstig auf die Beschaffenheit der Seife. Insbesondere wird Rizinusöl aber zur Herstellung von Türkischrotöl und ähnl. Präparaten verwendet (s. „Türkischrotöl"), neuerdings auch zur Herstellung „gehärteter Öle" (s. d.) Ersatz für Rizinusöl als Schmieröl sind Mischungen von Mineralschmierölen mit geblasenen (Rüb- und Baumwollsaat-) ölen sog. „Marineöle".

Nebenprodukt: bei kalter Pressung wird der Preßkuchen zur Spaltung von Ölen benutzt infolge des vorhandenen Fermentes, s. „Fettsäuren".

Handelsformen: Primaöl (Ia) Öl, erster, kalter, Pressung nur als Arzneiöl verwendet, Sekundaöl (IIa) meist warmes 2. und 3. Pressung (technisches Öl). Wird auch nach

Herstellungsland als italienisches (bestes), französisches, (fast ebenso gut) gehandelt. Amerikanisches als Arznei nicht gut, da erst milde, bald aber kratzig schmeckend.

Versand geschieht in Fässern von etwa 100 kg, vielfach in Blechkanistern zu 20 kg (kistenweise je 4 gepackt).

Produzenten: Indien (Madras, Koromandel, Bombay), Java, Mittelmeerländer und Vereinigte Staaten.

Statistisches: Weltproduktion kaum zu schätzen, da Saat und Öl in vielen Statistiken zusammen mit anderen aufgeführt werden. Deutschland importierte 1900 bis 1905 jährlich etwa 2000 t Saat und wenig Öl, in den letzten Jahren vor dem Kriege aber fast nur Öl: jährlich 8500—9500 t.

Preise: Je nach Herkunft und Reinheit etwa 55—75 M.; pharmazeutische Ware auch bis etwa 85 M. für 100 kg einschl. Faß.

Literatur:

1. Hefter, Technol. d. Fette u. Öle, Berlin **1906**, Bd. II, S. 500ff.
2. Lewkowitsch, Chem. Technol. u. Analyse d. Fette usw., Braunschweig, Vieweg u. Sohn, II, 212. Benedikt-Ulzer, Analyse d. Fette u. Wachsarten, Springer, Berlin 1908.
3. Grützner u. Hazura, Monatsh. f. Chem. **9**, 475.
4. Fahrion, Chem. Umschau a. d. Geb. d. Fette usw. **1916**, 60.
5. s. 1 u. 2. auch Holde, Unters. d. Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin, Springer, 1913.
6. Hefter s. 1. S. 527.
7. Holde s. 5.
8. Lewkowitsch s. 2. Bd. I, 224.
9. Ubbelohde, Chem. Technol. d. Öle usw. **I**, 309.
10. Lewkowitsch s. 2, S. 565ff. Fendler, Ber. d. pharm. Ges. **1904**, 135.
11. Nördlinger DRP. 104 499 (18. II. 1898).
12. Scherman u. Snell, J. Am. Chem. Soc. **23**, 164; Chem. Zentrbl. **1901, I**, 1139.
13. Landolt u. Börnstein, Tabellen 1894 S. 338.
14. Harvey u. Wilkie, The Chemist and Drugist **76**, 50; Chem. Zentrbl. **1910, I**, 1358.
15. Peters nach Lewkowitsch (s. 2) **II**, 217.
16. Landolt u. Börnstein, Tabellen 1894 S. 492.
17. s. 16, S. 522.
18. Lewkowitsch s. 2.

12. Rüböl (andre Benennung s. Handelssorten); franz.: huile de colza (de navette, de rabette); engl.: colza oil (rape-, rubsen-, cabbage-oil).

Gewinnung[1]): Pressen und Extraktion der Samen von Brassica campestris und deren Varietäten. Raffination mit etwa 1% konz. Schwefelsäure, dann Waschen mit Wasser (auch mit Kalkmilch). Auch durch Filtration über „Bleicherden" und Kohle gereinigt.

Chemische Zusammensetzung: Glyzeride der Erukasäure (Mol.-Gew. 338, $C_{22}H_{42}O_2$, Schmp. 34°), der Rapinsäure (der Ölsäure isomer). Stearin- und Arachinsäure (0,4 bis 1,4%). Unverseifbare Stoffe: 0,5—1,0% (selten mehr)[2]).

Erstarrungspunkt: Bei 0° meist talgartig (Öl aus Winterfrucht oft schon fest); fest bei — 5 bis — 10°[2]). Erstarrp. der Fettsäuren: 11,5—13,5°[2]). Schmp. der Fettsäuren: 16—20°[2]).

Zähigkeit: Bei 20° 11—15 (meist nahe 13) Englergrade; bei 50° 4—5, bei 100° 1,7 bis 2,1[3]).

Dichte: $D_{15} = 0{,}913—0{,}9175$[2]).

Kubischer Ausdehnungskoeffizient: 0,000675[4]) bis 0,000764[5]).

Verbrennungswärme: 9412—9489 cal[6]).

Entflammungspunkt: 305°[7]).

Farbe: Rohes Öl dunkelgelb bis braunrot, raff. hellgelb.

Brechungsexponent: 1,472—1,476 bei 20° (69,5—76 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktom.)[2]) Änderung für 1° C —0,00037[8]) (= 0,6 Skalenteile).

Optische Aktivität: — 1,5 bis — 2,1° im 200 mm-Rohr[9]).

Dielektrizitätskonstante: 2,164—3,027[10]).

Löslichkeit: Wie die der meisten fetten Öle, nur ist die Azetonlöslichkeit begrenzt[11]). In 100 ccm Alkohol bei 15° 0,534 löslich[12]).

Gehalt an freien Säuren: Auch bei technischen Ölen gering, selten über 3% (als Ölsäure ber.); s. a. „Verwendung".

Verseifungszahl: 170—177 (meist 172—175), auch bis 179[2]).

Jodzahl: 94—105 (meist unter 98)[2]).

Verhalten gegen Luft und Chemikalien: Beim Blasen von Luft durch erhitztes Rüböl nimmt dieses an Viskosität und spez. Gewicht zu.

Handelsübliche „Geblasene Rüböle"[13]): Spez. Gew. 0,967/977; Jodzahl 47/65; Vers.-Zahl 198/267 (209). Hoher Gehalt an petrolätherunlösl. Stoffen (20—28% gegen 0 bei gewöhnlichem Rüböl). Rüböl reagiert mit Schwefelchlorür und in der Wärme unter Bildung elastischer Massen, deren Konstitution noch nicht geklärt ist (Faktis)[14]). Mit konz. Schwefelsäure tritt Sulfurierung und Polymerisation ein (Türkischrotöl).

Prüfung: Charakteristisch ist für Rüböl (außer dem Geruch) die hohe Viskosität, das niedrige spez. Gew. (über 0,916 verdächtig!) und die niedrige Verseifungszahl; auch Jodzahl, Schmp. und Erstarrp. der Fettsäuren gibt wichtige Aufschlüsse. Verfälschungen bei hohem Preise häufig: Mineral- und Harzöl, Hanf-, Mohn-, Baumwollsaat-, Erdnußöl, Tran; der Nach-

weis durch veränderte Kennzahlen meist unschwer[15]). Bei niedrigem Preise ist Rüböl selbst beliebtes Verfälschungsmittel besonders für Olivenöl. Es ist durch Darstellung der charakteristischen Erukasäure bei nicht zu geringem Verschnitt zu entdecken[16]), s. a. Abschn. „Untersuchung". Geblasenes Rüböl ist durch hohes spez. Gew. und geringere Petroläther-löslichkeit von rohem leicht zu unterscheiden. Die Unterscheidung von geblasenem Kottonöl ist komplizierter[17]).

Haltbarkeit: Sorgfältig von Luft und Licht abgeschlossen hält sich Rüböl sehr lange nahezu unverändert. Bei Luftzutritt tritt, allerdings ziemlich langsam, Erhöhung des spez. Gew. und Abnahme der Jodzahl, auch Säurebildung auf.

Verwendung: Hauptsächlich trotz der Konkurrenz der Mineralöle auch heute noch als Schmieröl verwendet, teils unmittelbar, teils als „geblasenes Öl" zur Verdickung von Mineralschmierölen (besonders für Schiffsmaschinen „Marineöle"). Hierbei soll der Säuregehalt 2% nicht übersteigen. Auch als Brennöl wird Rüböl noch in größerem Umfange benutzt, vornehmlich auf Eisenbahnen und in Grubenlampen (Bedingungen der preußischen Staatsbahnen: hellweingelbe Farbe, nicht ranzig, noch sauer. Kein Bodensatz, auch nicht, wenn mit 1% H_2SO_4 vermischt. Brennbar ohne zu blaken, zu riechen und zu rußen. Dichte 0,9132—0,9112 (37—38 der Fischerschen Ölwage). Bei der Seifenfabrikation verseift Rüböl verhältnismäßig schwer, ist aber als Zusatzöl zur Herstellung von Schmierseifen, vorsichtig auch von Kernseifen zu verwenden[18]). Schmierseifen werden schön grün. Ferner dient Rüböl zur Herstellung von Faktis; sulfuriertes Rüböl als Türkischrotöl ist minderwertig. Zum Fetten von Leder kann es benutzt werden, nicht aber von Wolle, die dann leicht durch Selbsterhitzung geschädigt wird. Rübölersatz ist häufig (für Schmierzwecke) ein passendes Mineralöl, auch solches mit Baumwollsamen- oder Rüböl vermischt.

Nebenprodukte: Außer den Rückständen der Ölgewinnung, die ein wichtiges Futtermittel sind, wird bei der üblichen Raffination mit Schwefelsäure ein stark saurer Satz erhalten, der z. T. auf Schwefelsäure verarbeitet wird, z. T. unmittelbar als Säureersatz zum Aufschließen von Phosphaten (Superphosphat-Fabrik.) dient.

Handelssorten: Rohes und raffiniertes Rüböl. Es wird auch je nach tiefer oder höherem Erstarrp. Winter- und Sommeröl unterschieden, doch ebensowenig exakt getrennt wie gelegentlich: Kolzaöl (Kohlsaatöl) aus Brassica campestris, Rapsöl aus Varietät napus, Rübsenöl aus Var. rapa. Gehandelt wid Rüböl gewöhnlich in Holzfässern (Barrels) von 100—150 kg Inhalt. Erzeuger sind Britisch-Indien und Rußland an erster Stelle, auch Rumänien führt viel aus. Die deutsche Erzeugung ist nicht unbeträchtlich (s. u.).

Handelszentren (besondere Ölbörsen) in Deutschland besonders Hamburg, Bremen, Berlin, Stettin, Leipzig.

Statistisches: In Deutschland werden jährlich rund 200000 t Saat gepreßt, davon ein- und ausgeführt:

	Einfuhr		Ausfuhr	
	Saat t	Öl t	Saat t	Öl t
1900	131 914	198	2220	7997
1910	187 302	863	9257	8949
1911	134 453	765	6983	6275
1912	125 684	701	7097	2263
1913	153 427	1175	4973	4140

Preise werden gewöhnlich einschl. Gebinde notiert. Sie haben starke Schwankungen erfahren. Rohöl kostete z. B. 1900 anfangs 50, stieg auf 65. 1903/04 sank der Preis zeitweilig auf 45 M.; 1910—1913 stieg er, mit etwa 56 M. beginnend, auf 68/70 M. Der Unterschied zwischen Roh- und raffiniertem Öl ist meist 3—3,50 M. für 100 kg.

Literatur:

1. Hefter, Technologie der Fette u. Öle, Berlin 1906, **II.**
2. Derselbe s. 1. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette und Wachsarten (Berlin, Springer, 1908). Lewkowitsch, Chem. Technologie u. Analyse der Öle usw. (Braunschweig, Vieweg & Sohn) **1905 II.** Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle u. Fette (Berlin, Springer) 1913.
3. Holde s. 2. Lewkowitsch s. 2 **I,** 224.
4. Ubbelohde, Handb. der Chemie u. Technol. der Öle (Leipzig, Hirzel) **1908 I,** 309.
5. Berechnet nach W. Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde **3,** 165; Chem. Zentrbl. **1908 I,** 2001.
6. Schermann u. Snell, J. Am. Chem. Soc. **23,** 164; Chem. Zentrbl. **1901 I,** 1179.
7. Lewkowitsch s. 2 **I,** 224.
8. Harvey u. Wilkie, The Chemist and Drugist **76,** 50; Chem. Zentrbl. **1910 I,** 1358.
9. Bishop, J. Pharm. Chim. **1887,** 300; Peters, Bull. Soc. Chim. **1887,** 483.
10. Landolt u. Börnstein, Tabellen S. 522.
11. Louise u. Sauvage, Compt rend. **145,** 183.
12. Benedikt-Ulzer s. 2 S. 658.
13. Holde s. 2 S. 539. Lohmann, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1911,** 184.
14. Über Faktis-Literatur s. Leinöl, Literaturangaben 37.

15. Näheres über Analyse s. Holde, Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer 2.
16. Holde u. Markusson, Z. f. anorg. Ch. **1910**, 1260 (Holde s. 2 S. 421). Kreis u. Roth, Z. f. Unters. Nahr.- u. Genußmittel **1913**, 38. Tortelli u. Forkini, Chem. Ztg. **1910**, 689.
17. Marcusson, Chem. Rev. üb. Fett- u. Harzind. **1909**, 45.
18. Burkert, Seifenfabr. **1910**, 916.

13. Sesamöl; franz.: huile de sésame; engl.: sesame-, gingilli-, teel-, till-oil; lat.: oleum sesami.

Gewinnung: Pressen der 50—57% Öl enthaltenden Samen der Sesampflanzen, in Deutschland auch teilweise durch Extraktion.

Chemische Zusammensetzung: Im wesentlichen Triglyzeride der Linol- und Ölsäure[1]), sowie (etwa 12%)[2]) fester Fettsäuren. Unverseifbare Stoffe 1—1,4%.

Erstarrungspunkt: —3 bis —6°, der Fettsäuren 21—24°, Schmp. der Fettsäuren 21—31° [3]).

Zähigkeit: 9,3—10,5 Englergrade bei 20° [4]).

Dichte: $D_{14} = 0{,}921—0{,}926$[3]).

Kubischer Ausdehnungskoeffizient: 0,000687[5]) bis 0,000672[6]).

Spezifische Wärme: 387[7]).

Verbrennungswärme: 9395 cal[8]).

Farbe: Hellgelb bis mäßig dunkelgelb, heißgepreßte auch dunkelgelb bis braun.

Brechungsindex: 1,475—1,476 (74,3—76 Skalenteile im Zeiß' Butterrefraktometer) bei 15° C[3]). Änderung für 1°—0,00037[9]); 0,68 Skalenteile[10]).

Optische Aktivität: 0,8—3° im 200 mm-Rohr[11]).

Löslichkeit: In Äther, Petroläther, Terpentinöl in jedem Verhältnis. In Alkohol wenig (keine besonderen Untersuchungen vorliegend).

Gehalt an freien Säuren: Speiseöle etwa 0,5 bis 2%, technische oft mehr (etwa bis 10%)[3]).

Verseifungszahl: 188—195 (meist unter 192)[3]).

Jodzahl: 103—115[3]).

Über Verhalten gegen Chemikalien ist nichts Besonderes zu berichten.

Prüfung[12]): Bestimmung des spez. Gew. (Brechungsindex) Verseif.- und Jodzahl; besonders durch die sehr charakteristische „Baudouinsche Reaktion"[13]) (0,1 ccm 2%iger alkohol. Furfurollösung + 10 ccm Öl + 10 ccm Salzsäure (1,19) schütteln: Rotfärbung der wässr. Lösung. Bei gefärbten Ölen ist Teerfarbstoff erst durch Ausschütteln mit Salzsäure zu entfernen. Statt der Furfurollösung auch 0,1 g Rohrzucker anwendbar).

Als *Verfälschungen* kommen u. a. Mohnöl (hohe Jodzahl), Baumwollsaatöl (hoher Erstarrp. der Fettsäuren und Halphensche Reaktion s. Baumwollsaatöl), Erdnußöl (Nachweis von Arachinsäure) und Rüböl (niedr. Erstarrp. der Fettsäuren und spez. Gew. Erukasäure-Nachweis s. Rüböl). Selbst kaum als Verfälschungsmittel verwendet, da zu leicht zu entdecken (Baudouinsche Reaktion).

Haltbarkeit: Von Licht und Luft abgeschlossen, jahrelang nahezu unverändert, auch sonst schwerer ranzig werdend, als die meisten anderen Öle.

Verwendung: Die kaltgepreßten Sorten vornehmlich als Speiseöl und als gesetzlich vorgeschriebener Bestandteil (mindestens 10%) der Margarine, um diese durch die „Baudouinsche Reaktion" leicht erkennen zu können. (Aus Mangel an Sesamöl im Kriege statt dessen: Stärke). In der Riechstoffindustrie bei der sog. „Enfleurage". Ferner in der Seifenindustrie. (Bei richtiger Verarbeitung zu Transparentschmierseifen[14]); zu Kernseifen, da diese sonst zu weich, nur mit anderen Fetten zusammen). Ferner als „Schmelzöl" für Wollspinnerei. Als Brennöl soll Sesamöl in Indien gebraucht werden. Als Ersatz kommt vor allem Erdnuß- und Baumwollsaatöl in Frage, je nach Preislage auch Sesamöl für diese wie auch für Olivenöl.

Nebenprodukte treten außer den als Futtermittel dienenden „Preßkuchen" wenig auf.

Handelssorten: Hauptsächlich 3 Qualitäten

1. Primaware (franz.: huile de sésame de froissage) sehr hell, geschmacklos, säurefrei oder fast säurefrei.

2. Sekundaware etwas dunkler, geringe Mengen Säure.

3. Technisches Öl, dunkler, oft stark sauer.

Primaware, fast ausschließlich zu Speisezwecken, kommt auch in kleinen Posten zu 5, 10 und 20 kg in Blechkanistern in den Handel; sonst in Holzfässern (barrels) zu 100—300 kg.

Herkunft: Wird zum größten Teil in Europa aus eingeführten Samen (Indien, China, Japan, Afrika, Levante) gepreßt. Den größten Außenhandel weist Frankreich auf (Saateinfuhr fast ausschließlich über Marseille). Auch in England, Deutschland und Österreich wird viel gepreßt. Weniger in Italien, Belgien und Holland. Handelszentren in Deutschland: Hamburg, Bremen, Hannover, Köln.

Statistisches: Weltproduktion schätzungsweise 1800000 t Saat, davon 1000000 in Indien. Deutschland führt hauptsächlich Saat ein: 1890: 14213 t, 1895: 20653 t, 1900: 29636 t, 1905: 46489, 1910: 141396 t, 1911: 101671 t, 1912: 99282 t, 1913: 116038 t. Ausfuhr nahezu 0. Die Öleinfuhr ist nie sehr erheblich gewesen, um 1900 etwa 3000 t jährlich und ist der Saateinfuhr gewichen: 1910—13 etwa 700

bis 800 t jährlich. Die Ausfuhr ist unwesentlich.

Preis: Etwa 100 M. einschl. Faß vor dem Krieg.

Literatur:

1. Lane, J. Soc. Chem. Ind. **1901**, 1083. Farnsteiner, Chem. Ztg. **1896**, 213.
2. Farnsteiner, nach Lewkowitsch, s. 3.
3. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette, Öle u. Wachsarten (Springer, Berlin) **1903** u. **1908** (4. u. 5. Aufl.). Lewkowitsch, Handb. der chem. Technol. der Öle usw., (Vieweg & Sohn, Braunschweig) **1905 II**, 110ff. Holde, Unters. der Kohlenwasserstoffe u. Fette (Springer, Berlin) **1913**. Hefter, Technol. der Fette u. Öle, Berlin 1906, **II**, 268ff.
4. Ubbelohde, Handb. der Chemie u. Technol. der Fette u. Öle (Hirzel, Leipzig) **1908 I**, 347. Holde s. 3.
5. Ubbelohde, Handb. usw. **I**, 309.
6. Berechnet nach Angaben v. W. Thörner, Zeitschr. f. Apparatenkunde **3**, 165; Chem. Zentrbl. **1908 I**, 2001.
7. Wachsmuth, nach Landolt und Börnstein, Tab. **1894**, 338.
8. Shermann u. Snell, J. Am. Chem. Soc. **23**, 164; Chem. Zentrbl. **1901** I, 1179.
9. Harvey u. Wilkie, Chem. a. Drug. **76**, 50; Chem. Zentrbl. **1910 I**, 1358.
10. Beckurts u. Heiler, Arch. Pharm. **233**, 423.
11. Bishop, J. Pharm. Chim. **1887**, 300. Utz, Pharm. Ztg. **45**, 490.
12. Genauere Untersuchung s. besonders Benedikt-Ulzer, Lewkowitsch, Holde s. 3.
13. Ausführung der Reaktion, Literatur s. 3. Über die farbegebende Substanz (einen phenolartigen Körper) s. Villavecchia u. Fabris, Z. angew. Ch. **1893**, 505. Lewkowitsch, Handb. usw. **II**, 114. Tortelli u. Ruggieri, Chem. Ztg. **1898**, 601. Kreis, Chem. Ztg. **1903**, 1030. Malagnini u. Armani, Ref. Z. angew. Ch. **1908**, 170.
14. Seifenfabr. **1911**, 701, 725.

14. Sojabohnenöl. (Sojaöl); franz.: huile de soya; engl.: soja (soy) bean oil.

Gewinnung: Pressen der Samen von soja hispida (Ölausbeute 15—18%).

Chemische Zusammensetzung: Triglyzeride der Ölsäure (etwa 55%), Linol- (20%), Linolensäure (5%) und (etwa 15%) gesättigte Fettsäuren[1]). Nach anderen Angaben soll außer Linolsäure noch eine ihr isomere Fettsäure[2]) zugegen sein. Die festen Fettsäuren sollen Palmitin-[1]) und auch Stearinsäure sein[2]).

Erstarrungspunkt: — 8 bis — 16°[3]); Erstarrp. der Fettsäuren a) 22—25°[4]) und b) 14 bis 17°[5]). Es existieren zwei verschiedene Ölsorten[6]). Schmp. der Fettsäuren a) 26 bis 29°[4]), b) 20—21,5°[5]).

Zähigkeit: 8—9 Englergrade bei 20° C[7]).

Dichte: 0,924—0,929[4]) [5]) [6]).

Wärmeausdehnung: Kub. Ausdehnungskoeffizient 0,00068/70[8]).

Verhalten beim Erwärmen: Bei längerem Erhitzen auf höhere Temperaturen (250 bis 300°) unter Luftabschluß tritt unter Erhöhung der Zähigkeit und Dichte Polymerisation ein, gleichzeitig Dunkelfärbung[2]).

Farbe: Hellgelb bis braun- oder rötlichgelb.

Brechungsindex: 1,4723—1,4800 bei 15° C[9]) (70—80 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktometers. Änderung für 1° C 0,58 bis 0,61 Skalenteile[8]).

Über optische Aktivität und elektrische Eigenschaften liegen keine Beobachtungen vor.

Löslichkeit: In Äther, Petroläther, Benzol, Terpentinöl usf. in jedem Verhältnis löslich, sehr wenig in Alkohol (keine Bestimmungen vorliegend).

Gehalt an freien Säuren: 0,2—6%, meist um 2%[4]) [5]) [6]).

Verseifungszahl: a) 188—194, b) 204 bis 212,5[4]) [5]) [6]).

Jodzahl: a) 121—136,6, b) 107—130[4]) [5]) [6]).

Verhalten gegen Luft: Beim Erhitzen unter Lufteinleiten wird Sojaöl in ähnlicher Weise wie Leinöl unter Bildung dunkler, dickflüssiger, schließlich fester Reaktionsprodukte oxydiert. Dasselbe geschieht bei dünnen Aufstrichen, die aber langsamer trocknen als Leinöl und streifig werden (s. a. Verwendung)[10]).

Prüfung: Spez. Gew., Brechungsindex, Verseifungs- und Jodzahl. Es ist auf die Zusammengehörigkeit der entsprechenden Werte der als a und b bezeichneten Sorten zu achten. Eine Farbenreaktion mit Uranylazetat[11]) kann Verf. nicht als spezifisch anerkennen. Verfälschungen treten selten auf, dagegen wird bei hohem Leinölpreis Sojaöl selbst zum Verfälschen benutzt. Größere Verschnitte des Leinöls mit Sojaöl sind durch Erniedrigung der Jodzahl nachzuweisen, geringere oft sehr schwer zu ermitteln!

Haltbarkeit: Sorgfältig von Licht und Luft abgeschlossen, hält sich Sojaöl monatelang fast unverändert, sonst soll es sehr leicht ranzig werden[12]).

Verwendung: In den Ursprungsländern in größtem Maßstabe als Speiseöl, daneben auch als Brenn- und Schmieröl. In Europa, besonders in England und Dänemark, seit einiger Zeit auch in Deutschland wird es zur Bereitung von Speisefetten (Kunstbutter) und zur Schmierseifenfabrikation verwendet (vorteilhaft bei letzterer mit Leinöl zusammen, da es für sich zu dunkle Seifen gibt)[13]). Auch in der Firnis- und Lackindustrie hat sich Sojaöl als ein allerdings mit Vorsicht zu verwendender Leinölersatz Eingang verschafft. Es vermag jedoch jeweils nur einen Teil des

Leinöls (¼—⅓) zu ersetzen, da sonst seine Mängel (langsames und ungleichmäßiges Trocknen) störend wirken. Getrennt gekochter Leinöl- und Sojafirnis trocknen, nachträglich gemischt, besser als in Mischung gekochte[14]). Als Zusatz zum Ölbleiweiß soll Sojaöl das sonst leicht eintretende Zähwerden und die Hautbildung verhindern[15]). Auch zur Linoleumfabrikation ist es verwendbar[16]); wahrscheinlich auch zur Faktisbereitung.

Ersatz- und Nebenprodukte (außer den als Futtermittel geschätzten Preßkuchen) treten nicht auf.

Handelsformen haben sich bisher kaum eindeutig herausgebildet; hier und da unterscheidet man wohl Speiseöle (hell und wenig Säure enthaltend) und Rohöl oder technisches Öl (dunkler und stärker sauer).

Handelszentren: Früher ausschließlich in den Ursprungsländern der Sojapflanzen: China und Japan gewonnen, wird seit einiger Zeit auch viel in Europa (namentlich England) aus importierten Samen gepreßt. Hauptausfuhrhäfen sind Dalny Wladiwostok, Hankow.

Statistisches: Die Gesamterzeugung an Sojabohnen in der Mandschurei beträgt jährlich etwa 2 Mill. t, von denen 6—700000 t, 1915 sogar über 900000 t ausgeführt werden. Die Ölausfuhr beträgt etwa $^1/_{10}$ der Bohnenausfuhr. Von den Bohnen gehen etwa 300000 t nach Japan und 200000 t nach England. Deutschland importierte in den letzten Friedensjahren schätzungsweise 80000 t Bohnen und 3—5000 t Öl jährlich. Genaue Daten lassen sich nicht geben, da sowohl Bohnen wie Öl mit anderen zusammen verzeichnet werden.

Preis: 58—64 M. für 100 kg vor dem Krieg.

Literatur:

1. Matthes u. Dahle, Arch. Pharm. **1911**, 424.
2. Taverne, Z. angew. Ch. **1915**, 249.
3. Oettinger u. Buchta, Z. angew. Ch. 828.
4. De Negri u. Fabris, Ref. Holde, Z. anal. Ch. **1894**, 568. Morawski u. Stingl, Ch. Ztg. **1886**, 734. Oettinger u. Buchta s. 3. Meister, Farbenztg. **1910**, 1486. Shukoff nach Lewkowitsch, Handb. der chem. Technol. der Fette u. Öle, Vieweg & Sohn, Braunschweig, **1905 II**, 80.
5. Korentschewski u. Zimmermann, Chem. Ztg. **1905**, 777. Marpmann, J. f. Landwirtschaft **1910**, 243. De Negri u. Fabris s. 4.
6. Niegemann, Farbenztg. **1911**, 2470. Wolff, Farbenztg., 19. Jg., Heft 4.
7. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle u. Fette, Springer, Berlin, **1913**, 460.
8. Verfasser dieses Artikels (unveröffentlicht).
9. Oettinger u. Buchta s. 3. Marpmann s. 5. Niegemann, Wolff s. 6. Klimont, Z. angew. Ch. **1911**, 254.
10. Meister, Farbenztg. **1911**, 2797. Taverne s. 2.
11. Letting, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1913**, 61.
12. Meister, Farbenztg. **1910**, 1486.
13. Bergo, Seifensiederztg. **1910**, 698.
14. Meister, Farbenztg. **1911**, 2797.
15. Zerr, Farbenztg. **1914**, 2342.
16. Fritz, Chem. Rev. Fett- u. Harzind. **1913**, 42.

15. Sonnenblumenöl (Sonnenrosenöl); lat.: oleum helianthi annui; franz. huile de tournesol, h. de soleil; engl.: sunflower oil.

Gewinnung[1]): Pressen von Sonnenblumensamen und Extraktion des Preßrückstandes.

Chemische Zusammensetzung[2]): Triglyzeride fester und flüssiger Fettsäuren (über 90% Linol- und wenig Ölsäure). Bis etwa 0,7% unverseifbare Stoffe (wenig untersucht).

Erstarrungspunkt[3]): Bei —12° noch flüssig, bei —17° teilweise erstarrt, Erstarrp. der Fettsäuren 17—20°, deren Schmp. 21—24°.

Zähigkeit[4]): 8—8,5 Englergrade bei 20°.

Dichte[3]): 0,924—0,926.

Ausdehnungskoeffizient[5]): 0,000746.

Farbe: Hellgelb, schlechtere Sorten bräunlich.

Brechungsexponent[3]): 1,467—1,4685 bei 40° (= 62—64 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktometers, Änderung für 1° = 0,54 Skalenteile[6]).

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln leicht löslich.

Gehalt an freien Säuren[3]): fast 0 bis zu etwa 6%.

Verseifungszahl[3]): 90—194.

Jodzahl[3]): 127—136.

Verhalten an der Luft: Das Sonnenblumenöl trocknet langsam in dünner Schicht (etwa 8 Tage). Auch als Firnis mit Trockenstoffen gekocht geht bei ihm die Trocknung nur langsam vor sich[7]).

Prüfung: Spez. Gew., Brechungsexponent, Verseifungs- und Jodzahl, Erstarrp. der Fettsäuren. Verfälschungen sind nicht selten, bes. Rüböl (Erniedrigung der Jodzahl, Nachweis von Erukasäure). Näheres s. Literatur[3]).

Über die *Haltbarkeit* finden sich keine besonderen Angaben.

Verwendung: Als Speiseöl und zur Margarinefabrikation. Zur Seifenfabrikation[8]) für Schmierseifen und mit anderen Ölen und Fetten auch zu Kernseifen. (Gut, wenn höchstens ⅓ des „Ansatzes" aus Sonnenblumenöl besteht; es verleiht in kleinen Mengen der Seife Zartheit und Geschmeidigkeit; wird vorteilhaft zuerst für sich verseift). Zu Firnissen ist es seiner geringen Trockenkraft (s. o.) wegen wenig

geeignet, kann aber bei billigeren Firnissen in kleinem Prozentsatz mitverwendet werden. Es dient als Ersatz für Oliven-, Erdnuß-, Kottonöl in Textilseifen. Es kann auch als gutes Brennöl dienen.

Herkunft: China, Rußland (exportierte 1900 mit Mohnsaat zusammen 18 500 t), Ungarn Deutschland. Statistik unklar, da es mit anderen Ölen zusammen genannt wird. Der während des Krieges versuchte Mehranbau von Sonnenblumen hat keine sehr günstigen Resultate gezeitigt[9]).

Literatur:

1. Hefter, Technol. d. Öle, Bd. II, Berlin **1906**.
2. Tolman u. Munson, J. Am. Chem. Soc. **1903**, 954.
3. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, S. 290, Berlin **1911**. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette usw., Berlin **1908**. Lewkowitsch, Chem. Technol. der Öle usw., Bd. II, Braunschweig **1905**. Holde, Analyse der Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin **1918**.
4. Holde s. 3.
5. Ubbelohde, Handb. d. Chem. u. Technol. d. Öle usw. Bd. I, S. 309, Leipzig **1908**.
6. Beckurts u. Heiler, Arch. Pharm. **233**, 423.
7. Petroff, Seifensiederztg. **1906**, 922. Andés, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1909**, 275.
8. Dirks, Der Seifenfabrikant **1903**, 947.
9. Über Anbau von Sonnenblumen s. Wüst, Sonnenblume u. Mohn, Leipzig **1916**.

C. Tierische Fette und Öle.

1. Schweinefett, Schmalz und Schmalzöl; Schmalz lat.: adeps suillus; franz.: saindoux; engl.: lard.

Gewinnung[1]): aus den fetthaltigen Geweben des Schweines durch Ausschmelzen, s. a. Sorten.

Chemische Zusammensetzung[1]): Triglyzeride fester Fettsäuren (60—65%), wie Stearin-, Palmitin-, Laurin-[2]), Myristinsäure[2]), sowie flüssiger Fettsäuren, hauptsächlich Ölsäure neben wenig Linolsäure[3]); auch gemischte Glyzeride sind vorhanden; 0,2 bis 0,5 Unverseifbares (Cholesterin).

Erstarrungspunkt[4]): 27—30°; der Fettsäuren 34—42°. Das Fett erstarrt kristallinisch mit faltiger Oberfläche (charakteristisch!).

Schmelzpunkt[4]) 33—48°, meist 36—40° [9]); der Fettsäuren 35—47°.

Dichte[4]) D_{100}^{15}: 0,931—0,938 D_{15}^{4} 0,858 bis 0,860.

Verbrennungswärme[5]) 9447—9451 kal, altes bis 9370 herab.

Farbe s. Sorten.

Brechungsexponent[4]): 1,4587—1,461 bei 40° (= 49—42,5 Skalenteile im Zeißschen Butterrefraktometer), ältere, ranzige bis etwa 5 Skalenteile höher); — der Fettsäuren 43—45 Skalenteile.

Löslichkeit[4]): Löslich in den üblichen Fettlösungsmitteln und in etwa der 25 fachen Menge siedenden absol. Alkohols. Die wenigen Zahlen in der Literatur sind zweifelhaft und z. T. falsch.

Säurezahl: Frisches Fett nicht über 2, älteres erheblich höher, s. „Verhalten gegen Luft".

Verseifungszahl: 195—197.

Jodzahl: 53—64 (Fußfett 77, Kopffett 85). Amerikanisches bis etwa 70.

Verhalten gegen Luft[6]): Ganz reines wasserfreies Fett hält sich ziemlich lang unverändert, bei Gegenwart von auch nur geringen Mengen Wasser und besonders bei unreinem Fett tritt jedoch rasch ein übler Geruch auf und dann auch die Bildung freier (z. T. flüchtiger) Säuren. In lose verschlossenen Flaschen befindliches Fett zeigte nach 1 Jahr Säurezahlen bis zu 11, nach 3 Jahren bis über 30.

Prüfung: Durch Ermittlung von Schmelz- und Erstarrp. des Fettes, sowie der Säuren, des Brechungsexponenten, der Säure-, Verseifungs- und Jodzahl. Verfälschungen sind sehr häufig und oft schon an Veränderungen der genannten Kennzahlen zu erkennen. Pflanzliche Öle, wie Erdnuß-, Baumwollsaatöl durch die Phytosterin-Azetatprobe (s. Artikel „Fette und Öle, Untersuchung"), Kokos- und Palmkernöl durch erhöhte Verseifungs- und niedrige Jodzahl. Talgzusatz durch die Böhmersche Probe[7]) (amtlich laut Verfüg. v. 6. 12. 1915): 50 g Fett in 50 ccm Äther gelöst, auf 15° abgekühlt oder, wenn keine Kristalle erscheinen, ½—1 Stunde auf 5—10°. Kristallausscheidung abfiltrieren, in gleicher Weise umkristallisieren, bis ihr Schmp. (lufttrocken!) über 61° ist. Von den so gewonnenen hoch schmelzenden Glyzeriden 0,1—0,2 g mit 10 ccm ½ normal Kalilauge verseifen, dann 50 Wasser, 3 ccm Salzsäure, 25 Äther zugeben, schütteln. Ätherische Lösung verdampfen, die Säuren bei 100° trocknen. Nun hochschmelzende Glyzeride und Säuren gleichzeitig mit Thermometer (in $^1/_5$° geteilt) auf Schmp. prüfen (völlige Klarheit der in U-Röhrchen von ¾ mm lichter Weite in einem Schenkel festgestampften Substanz). Ist der Schmp. der Glyzeride Sg und die Differenz zwischen ihm und dem Schmp. der Säuren = d, so darf Sg + 2 d (bei reinem Fett) nicht über 71° sein. Sonst liegt Talg oder ein ähnliches Fett vor. Empfindlichkeit: etwa 5%.

Haltbarkeit s. „Verhalten gegen Luft".

Verwendung: Das reinste Neutralfett (s. Sorten) aus Bauch und Rücken wird ausschließlich als Speisefett benutzt, das aus Netz und Nieren pharmazeutisch

(Salbengrundlage), sowie kosmetisch (Pomaden, Schminken usw.); technisches Fett zur Herstellung von Seifen und Lederfetten. Durch Pressen in der Kälte wird es in einen festen Teil („Solarstearin"; franz. stéarine de lard, engl. lard stearine) vom Schmp. 44—49° und einen flüssigen Anteil „Schmalzöl" zerlegt. Solarstearin dient vornehmlich zur Herstellung der Stearinsäure für die Kerzenfabrikation. Über Schmalzöl s. u. Als Ersatz für Schmalz dienen Gemische von diesem mit Talg und Pflanzenölen. Ferner geeignete (halb-) „gehärtete Fette" (s. d.).

Sorten: Neutralschmalz. 1. Aus Netz und Gekröse, 2. aus Speckstücken bei Temperaturen unter 55° ausgeschmolzen; beide Sorten sind weiße, neutrale Produkte; minder gut ist das Dampfschmalz 1. „Speckschmalz" (choice lard), aus Rückständen der Gewinnung von Neutralschmalz 1 mit direktem Dampf oder im Kessel geschmolzen, 2. Westernschmalz (Prime steam lard wie Dampfschmalz 1., aus allerlei fetthaltigen Teilen und Rückständen, gelblich, grau und grünlich. Im Handel unterscheidet man meist europäisches, vor allem „Hamburger" Schmalz und „amerikanisches", das geringwertiger ist.

Statistisches:

Einfuhr

aus	1913		1912	
	t	Mill. M.	t	Mill. M.
Amerika	101 182	1,12	100 401	105,35
Dänemark	3 437	3,80	3 431	3,56
Niederlande	1 600	1,70	1 237	1,30
Serbien	940	0,94	920	0,83

Die Ausfuhr ist nahezu = 0.

Die *Preise* schwanken etwas, liegen meist für „Hamburger" Ware bei 95—110 M. für 100 kg, 1913 betrugen sie 115—130 M. Amerikanische Ware ist durchschnittlich 16 M. (für 100 kg) billiger. Gehandelt wird gewöhnlich in Fässern von 50 kg, kleinere Posten, besonders Speisefett und pharmazeutische Ware in Blechbüchsen oder Eimern zu 12½, 15—20 kg; gewöhnlich einschl. Verpackung gehandelt.

Schmalzöl, Lardöl, Specköl, franz. huile de lard; engl. lard oil (s. Schmalzverwendung) ist je nach Art des zur Gewinnung verwendeten Schmalzes und der Preßtemperatur bei gewöhnlicher Temperatur flüssig bis halbfest; manche Sorten sind bei 10—12° fest, andere noch bei 0° ohne feste Ausscheidungen. Es besteht aus Ölsäuretriglyzerid und mehr oder weniger (bis zu 27%)[8]) Glyzeriden fester Fettsäuren.

Prüfung[4]) durch spez. Gew. (um 0,915), Säurezahl soll gering sein (bis 2).

Verseifungszahl: 191—196, Jodzahl: 67—82, selten höher (88). Verfälschungen: Mineralöle u. ähnl., sind durch Erniedrigung der Verseifungszahl und Abscheidung der „unverseifbaren Stoffe" zu ermitteln; Pflanzliche Öle sind meist an Veränderung der Jodzahl zu erkennen, sicher durch die Phytosterinazetatprobe (s. Fett- und Öluntersuchung). Genauere Untersuchung auf Rüböl durch Abscheidung von Erukasäure auf Trane durch Abscheidung der Oktobromide usw. s. d. einzelnen Öle.

Verwendung: Zusatz zu härteren Speisefetten bei der Herstellung von Kunstbutter und dgl. für Herstellung von Seifen. Besonders auch als Schmieröl (auch als gutes Brennöl). Ferner kosmetisch (Pomaden). Als Schmalzöl wird bisweilen auch ein durch Erhitzen von Rüböl erzeugtes Produkt bezeichnet, das zu ähnlichen Zwecken dient.

Literatur:

1. Hefter, Technol. d. Fette usw. Bd. II Berlin **1906**. Lewkowitsch, Chem. Technologie d. Öle usw. Bd. II, Braunschweig **1906**. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette usw. Berlin **1908**.
2. Partheil u. Ferié, Arch. f. Pharm. **1903**, 566.
3. Fahrion, Chem. Ztg. **1893**, 161. Wallenstein u. Fink, ebenda **1894**, 1189.
4. S. 1. Sowie Holde, Analyse der Kohlenwasserstoffe u. Fette, Berlin **1918**.
5. Schermann u. Snell, J. Am. Chem. Soc. **23**, 164, Zentrbl. **1901 I**, 1179.
6. S. Lewkowitsch 1. u. Spaeth, Z. anal. Ch. **1896**, 471.
7. Böhmer, Ztschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel **1913**, 559.
8. Tolman u. Munson, J. Am. Chem. Soc. **1903**, 966.
9. Über Schmelzpunkt der Fette verschiedener Körperteile (inneres höher als unter der Haut befindl. Fett) s. Henriques u. Hansen, Skand. Arch. f. Physiol. **1900**, 160, ausführlich ref. in Lewkowitsch s. 1.).

2. Talg. a) Rindstalg (Ochsentalg); franz.: suif (graisse) de boeuf; engl.: beef tallow; lat.: sebum bovinum.

b) Hammeltalg (Schaf-, Schöpsentalg); franz.: suif (graisse) de mouton; engl. mutton tallow; lat.: sebum ovile.

Gewinnung: Ausschmelzen des Rohtalges (s. „Sorten") über freiem Feuer oder mittels Dampf, auch mit Wasserzusatz, geringer Beimengung von Schwefelsäure oder Ätzkalk (mit letzterem ist die Ausbeute geringer, aber die Ware geruchloser). Weiteres s. „Sorten".

Chemische Zusammensetzung[1]): Hauptsächlich Triglyzeride der Stearin-, Palmitin- und

Ölsäure. Ferner geringe Mengen weniger gesättigter Säuren und gemischter Glyzeride. Rindstalg etwa 50%, Hammeltalg etwa 20% Stearinsäuregehalt.

	Rindstalg	Hammeltalg
Schmp.[3])	40—47°	45—51°
Erstarrp.[3])	27—39°	33—42°
Schmp. der Fettsäuren[3])	43—52°	46—56°
Erstarrp. der Fettsäuren[3])	38—48°	34—48°
Dichte[3]) D_{15}	0,943—0,952	0,937—0,945 (auch höher 0,96)
D^{100}_{15}	0,860—0,865	0,857—0,862

Ausdehnungskoeffizient[4]): 0,00186—0,00187.
Verbrennungswärme: 9380—9410 kcal.
Viskosität bei 100° 12,39—13,05 im Ostwaldschen Viskosimeter[8]).
Farbe: Fast weiß, grau, gelblich. Bei unsorgfältig entnommenem Fett durch chlorophyllhaltigen Darminhalt bisweilen grünlich.
Bleichung: Mittels oxydierender Agentien z. B. $KMnO_4$ oder $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$, seltener durch Filtration über Kohle, Bleicherden usw.
Brechungsexponent[3])[5]): 1,455—1,4585 bei 40° (44—49 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktometers, Änderung 0,55 Skalenteile für 1° C[5])).
Optische Aktivität 0 oder fast 0.
Löslichkeit: In Alkohol je nach Gehalt an freier Säure fast unlöslich bis wenig löslich. In den üblichen Fettlösungsmitteln (Äther, Benzol, Benzin, CS_2, $CHCl_3$, CCl_4 usw.) leicht löslich.
Säurezahl: meist 2—7, ältere Ware höher, bis etwa 50.
Verseifungszahl: 193—200.
Jodzahl: 35—46.
Prüfung[3]): Durch Bestimmung von Säure-, Verseifungs- und Jodzahl, Schm.- und Erstarrp. des Fettes und der Fettsäuren, ferner Prüfung auf Wasser- und Aschengehalt. Bewertet wird nach Farbe und Erstarrp. („Titer") der Fettsäuren (je höher dieser, desto wertvoller). Bei Rohtalg ist Gehalt an Reinfett zu bestimmen, weitere Untersuchung mit diesem auszuführen.
Verfälschungen: Fremde Fette, Wollfett, Knochenfett, Fischtalg, seltener Harz, Paraffin. Überseeischer häufig mit Baumwollsaatöl[6]) (durch dessen Farbenreaktionen s. Baumwollsaatöl „Prüfung") erkennbar.
Haltbarkeit: Talg wird leicht ranzig und sauer, Hammeltalg rascher als Rindstalg und unter Verfärbung.
Verwendung: Außer der Verwendung als Speisefett wird Talg technisch gebraucht als Ausgangsmaterial zur Herstellung der Stearin-(Palmitin-) Säure für die Kerzenfabrikation. Ferner zur Herstellung von Seifen. Rindstalgkernseifen sind weiß, hart, gutschäumend und sparsam im Gebrauch. Hammeltalg macht infolge der Neigung zum Ranzigwerden die Seife leicht gelblich und nicht geruchfrei, wird daher nicht zu feinen Toilettenseifen benutzt, überhaupt meist in Mischung mit Rindstalg. Ferner wird Talg als Schmiermaterial benutzt („Maschinentalg" darf nur geringen Säuregehalt, Säurezahl etwa unter 5, aufweisen), auch als Gerbereifett und als Grundlage für Schminken und Salben findet Talg Verwendung. Ersatz sind namentlich „gehärtete Fette" (s. d.).
Sorten: Rohtalg (Rohunschlitt) ist das rohe, mit Zellgewebe, Sehnen, Hautstückchen usw. durchsetzte Fett. Rohkern (franz.: suif en rames, suif en branches, engl. suet) ist Rohtalg in größeren Stücken mit geringen Beimengungen an Verunreinigungen, hauptsächlich von Herz, Nieren, Lunge. Rohausschnitt (franz. degraisse, engl. caul fat) ist Rohtalg in kleineren Stückchen (z. B. vom Bein), viel Sehnen usw. enthaltend. Das ausgeschmolzene Reinfett heißt „primissima" Talg, wenn das Rohfett ganz frisch war, stammt es vom Rohkern, so heißt es „premier jus", vom Rohausschnitt „secunda premier jus". Aus Rückständen gewonnener technischer Talg wird je nach Reinheit als Ia und IIa bezeichnet. Weniger reiner Talg, besonders über freiem Feuer gewonnener, kommt auch als (Kern- oder Ausschnitt-) Unschlitt in den Handel. Auch spricht man von Stadttalg, der reiner und härter als Landtalg ist, daher höher im Preise. Europäischer Talg ist gewöhnlich reiner und daher wertvoller als überseeische Sorten, mit Ausnahme des nordamerikanischen, der als gut gilt. Russischer Talg wird gering bewertet, höher meist der polnische. Australischer, der oft faulig ist, ist die schlechteste Sorte, auch südamerikanischer ist oft von unangenehmem Geruch.
Nebenprodukte: Die Rückstände der Talgschmelze (Grieben) werden meist als Schweinefutter verwendet.
Preßtalg (Oleostearin) wird erhalten, wenn geschmolzener Talg auf etwa 35° abgekühlt und dann der flüssige Teil abgepreßt wird (Schmp. 33—44°, der Fettsäuren 49—53°, „Titer" der Fettsäuren 47—51°). Er kommt in Platten oder Stücken von ½ bis ²/₃ mm Stücke in den Handel. Verwendung:

Kerzenindustrie (wie Talg und als „Trübungsmittel" für Paraffinkerzen), Seifenindustrie.

Margarine (Oleomargarine) ist der vom Preßtalg abfließende Teil (Schmp.: amerikanische Sorten 17,3—23°, österreichische 23—26,5; Fettsäuren Schmp. 42—44,6°, Erstarrp. 39,8—42,35°); dient hauptsächlich zur Kunstbutter-Fabrikation. Wird der Talg bei niedriger Temperatur gepreßt, so erhält man statt Margarine Talgöl, je nach Preßtemperatur flüssig oder weich bei gewöhnlicher Temperatur. Talgöl (franz. huile de suif; engl. tallow oil) dient für sich oder in Mischung mit Mineralöl als Schmiermittel.

Statistisches: Deutschland führte vor dem Kriege jährlich rund 50000 t Talg (einschließl. Preßtalg, Oleomargarine usw.) ein. Hauptausfuhrländer sind: Rußland (früher nur Ausfuhrland; später, etwa nach 1900 überwog die Einfuhr) etwa 50000 t; Argentinien: 48000 t, ebensoviel Australien. Neuseeland, Nordamerika 35000 t. Die zur Ausfuhr kommende Weltproduktion an Hammeltalg beträgt etwa 200000 t jährlich. Hauptsächlich England, Australien und Argentinien.

Preise wechselnd. Vor dem Kriege die 100 kg etwa 65—80 M. für technische Ware, 90—100 M. für Speisefett.

Literatur:

1. Hefter, Technol. d. Fette u. Öle, Bd. II u. III, Berlin 1905/12. Benedikt-Ulzer, Analyse der Öle usw., Berlin 1908. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Öle usw., Bd. II, Braunschweig 1905.
2. S. 1. Ferner Hansen, Chem. Ztg. **1902**, Rep. 93. Helmer u. Mitchell, the Analyst **1896**, 316.
3. S. 1. Ferner Holde, Unters. d. Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin 1918.
4. Berechnet nach Thörner, Ztschr. f. Apparatenkunde **3**, 165, Zentrbl. **1908 I**, 2001.
5. Mansfeld, Forschungsber. üb. Lebensmittel **1**, 68. Halenske, ebenda S. 467.
6. S. a. Bela Lach, Die Stearinfabrikation, S. 3, Halle 1908.
7. Wallenstein, Chem. Ztg. **1892**, 883.
8. Fabris, Zentrbl. **1915 II**, 1317.

3. Tran ist Sammelname für die aus Seetieren gewonnenen Öle. Die wichtigsten sind[1]): 1. Walfischtran; franz.: huile de baleine; engl.: whale oil. 2. Robbentran; franz.: huile de phoque; engl.: seal oil. 3. Delphintran; franz.: huile de dauphin; engl.: delphin oil. 4. Menhadentran; franz.: huile de Menhaden; engl.: menhaden oil. 5. Sardinenöl[2]): franz.: huile de sardine, huile du japon; engl.: sardine (japan fish-)oil. 6. Dorsch (Kabeljau-) Lebertran: franz.: huile de foie de morue; engl.: cod liver oil; lat.: oleum jecoris Aselli.

Chemische Zusammensetzung[1])[3]) ist noch nicht völlig erforscht. Neben erheblichen Mengen fester Fettsäuren (bzw. deren Glyzeriden) ist allen ein Gehalt an Klupanodonsäure ($C_{18}H_{28}O_2$) gemeinsam, die den charakteristischen „Trangeruch" bedingt. Andere ungesättigte Säuren sind Phycetölsäure (Robbentran), Jecorinsäure (Sardinenöl), Jecorinsäure und Therapinsäure (Lebertrane). Ferner sind unverseifbare Stoffe (bes. Cholesterin) zugegen. Lebertran enthält noch 0,02—0,03% organisch gebundenes Jod.

Erstarrungspunkt[1]) sehr wechselnd, je nach Menge der festen Glyzeride und freien Fettsäuren. Meist über 0° schon Kristalle absetzend (Delphintran bei + 5 bis — 7° Walrat ausscheidend). Starr bei 0 bis — 3°, oft aber auch bei — 10° noch flüssig (besonders Lebertran).

Erstarrungspunkt der Fettsäuren[1]): 13—25°; bei Walfischtran meist hoch, bei Robbentran niedrig.

Schmelzpunkt der Fettsäuren[1]): meist 20 bis 27°.

Zähigkeit[4]): 31,7—38,4 Englergrade bei 20° C.

Dichte[1])[3]): 0,922—0,934 bei 15°, auch (bes. Lebertran bis 0,941. Walfischtran bis 0,917 herab.

Ausdehnungskoeffizient[5]): 0,000654—698, Walfischtran 0,000745.

Verbrennungswärme[6]): 9277—9473 cal.

Farbe: s. Handelssorten.

Brechungsexponent[1])[3]): Walfischtran 1,4720 bis 1,4759 bei 20° (69,5—76 Skalenteile, Zeiß' Butterrefraktom.). Robbentran und Menhadenöl (1,4776—1,4825 (78,5—87), Sardinen- und Delphintran: etwa 1,468 bei 20° (64). Änderung für 1° C = 0,00037 (0,6 Skalenteile).

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln leicht, in Alkohol je nach Menge der freien Säuren z. T. löslich[7]).

Gehalt an freien Säuren: s. Handelssorten.

	Verseifungs-Zahl	Jod-Zahl
Robbentran	189—196	127—152
Walfischtran	188—224	110—136
Delphintran	196—205	98—130
Delphin Kieferöl	290	30—35
Menhadentran	188—194	145—165
Sardinentran	188—195	170—190
Lebertran	170—195	(bis 100) 135—180

Prüfung[1]): Trane werden, wenn sie nicht „desodoriert" sind, leicht an ihrem Geruch erkannt. Farbenreaktionen geben sie mit

Salpetersäure (1,5 spez. Gew.): Rot-Blaufärbungen; mit sirupöser Phosphorsäure: braun[1])[3]). Beonders aber in $CHCl_3$-Lösung mit Brom in $CHCl_3$: Grünfärbung[8]). Sicherster Nachweis ist Bromierung, wobei Oktobromide entstehen, die in Benzol unlöslich sind und nicht schmelzen, sondern sich bei über 200° unter Schwärzung zersetzen (Unterschied von Leinöl)[9]). Nicht zu gebrauchen bei chemisch veränderten Tranen[10]). S. a. „Untersuchung d. Fette u. Öle". Verfälschungen nicht selten durch minderwertige Fischöle, Harz-, Mineral-Vaselinöle, selbst zum Verfälschen von Firnissen gebraucht. Nachweis s. [4])

Haltbarkeit: Nur sehr gut gereinigte Trane halten sich bei Luft- und Lichtabschluß längere Zeit, andere werden auch dann leicht ranzig nnd sauer.

Verwendung: Die besseren Sorten von Walfisch- und Lebertran dienen als Brennöl (Leuchttürme und Bergwerkslampen), ferner zur Seifenfabrikation. Hierfür oft geruchlos gemacht (meist durch Erhitzen oder Behandlung mit Wasserdampf. Zahlreiche Patente)[11]). Schlechtere Sorten werden viel in der Lederindustrie (Gerbereiöle, Schuhschmieren u. dgl.) benutzt und zur Gewinnung von Degras (s. d.). Delphin-Kieferöl ist wertvolles Schmieröl für feinmechanische Werke (z. B. Uhren). Auch in der Spinnerei (Jute) wird Tran benutzt. Als Ersatz für Leinöl ist Menhadenöl in der Wachstuch- und Linoleumfabrikation, neuerdings auch in der Lackindustrie[12]) empfohlen. In der letzten nur vorsichtig zu verwenden, sein Wert ist noch zweifelhaft, ein abschließendes Urteil noch nicht möglich; s. auch „gehärtete Öle".

Nebenprodukte: Durch Abkühlen von Tranen werden feste Glyzeride sog. „Fischtalg" gewonnen, der zur Herstellung von Seifen, auch in der Lederindustrie (Dégras-Ersatz) dient. Delphintran scheidet beim Abkühlen auch Walrat (s. d.) aus, andere Trane nur wenig.

Handelssorten: Die Trane werden in mehrere Sorten nach Farben geteilt, gewöhnlich: hell oder gelb, hellbraun blank, braun blank braun und Rohtran. Diese Sorten werden meist mit Zahlen 0—4 oder mit A bis E bezeichnet. Die hellen Sorten enthalten wenig Unverseifbares und wenig freie Säuren (Medizinallebertran z. B. 0,3 bis 0,6%, Maximal 1,5). Die dunkleren in steigender Menge bis zu 35% und mehr. Grönländischer Tran (northern whale oil) gilt für wertvoller, als Südwaltran (southern w. o.). Auch unterscheidet man nach dem größeren oder geringeren Gehalt an festen Glyzeriden Sommer- und Wintertrane. Die besten Medizinallebertrane heißen (nach ihrer Gewinnungsweise) Dampflebertran. Versand in Fässern von 100 kg und mehr. Medizinalware auch in Blechkanistern (10—20 kg).

Handelszentren sind besonders Bergen, New York und London.

Statistik ist unsicher und widerspruchsvoll. Jedenfalls aber ist die Produktion von etwa 1905—1914 mehr als verzehnfacht. Weltproduktion: schätzungsweise 400000 t, Einfuhr in Deutschland jährlich 40000 bis 50000 t einschließlich Fischfetten.

Die *Preise* schwanken naturgemäß sehr stark bei der Verschiedenheit der Produkte, die billigsten technischen Sorten etwa von 35—40 M. Hellere bis zu 60—65 M. Medizinaltran je nach Helligkeit und Geschmack 65—100 M., Dampflebertran zeitweise bis über 150 M. vor dem Krieg.

Literatur:

1. Hefter, Chem. Technologie d. Öle usw., Berlin 1906. Lewkowitsch, Technologie der Fette usw., Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1905. Benedickt-Ulzer, Analyse der Fette usw., Berlin, Springer 1908. Holde, Unters. d. Kohlenwasserstoffe u. Fette, Berlin, Springer 1918.
2. S. a. Tsujimoto, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1913**, 71ff. Über Klupanodonsäure, ebenda **1913**, 8.
3. Fahrion, Chem. Umschau f. Fett- u. Harzind. **1917**, 4.
4. Marcusson u. Huber, Mitteil. d. Materialprüf.-Amtes Lichterfelde **1916**, 56; Chem. Ztg. **1916**, 249.
5. Ubbelohde, Handb. d. Chem. Technol. der Öle usw., **I**, 309.
6. Schermann u. Snell, J. Am. Chem. Soc. **23**, 164; Zentrbl. **1901 I**, 1179.
7. Eigene Beobachtung, unveröffentlicht.
8. Tortelli u. Jaffé, Chem. Rev. Harz- u. Fettind. **1915**, 15. S. a. 4.
9. Marcusson u. Huber, Seifens.-Ztg. **1911**, 249. S. a. Holde I.
10. Stiepel, Seifens.-Ztg. **1912**, 953.
11. Keutgen, Seifens.-Ztg. **1905**, 553. Patente z. B. Bergius, DRP. 294778 (ab 21. 8. 1912). Stiepel, DRP. 283216 (ab 22. 2. 1914).
12. Vgl. a. DRP. 272465 (Waentig).

4. Knochenfett, franz. suif d'os; engl. bone fat.

Gewinnung[1]): 1. Auskochen von Knochen mit Wasser, oder Dämpfen mit gespanntem Dampf, „Sudfett", hauptsächlich aus frischen Knochen, gibt schlechte Ausbeute, aber gute Ware); 2. Extraktion mit Benzin, Schwefelkohlenstoff u. dgl.[7]). „Extraktionsfett" hauptsächlich bei alten fauligen Knochen und bei Rückständen von 1. angewendet, gibt gute Ausbeute, aber schlechtere Ware.

Chemische Zusammensetzung[2]): Gutes Sudfett besteht wesentlich aus Stearinsäure- und Ölsäure-Triglyzerid (30—40 bzw. 50—65%)

Schlechtere Sorten enthalten in steigendem Grade freie Säuren, auch Kalkverbindungen höherer Fettsäuren, wie auch von Milch- und Buttersäure (als Zersetzungsprodukte), unverseifbare Stoffe (Phytosterin) und Wasser.

Schmelzpunkt 21—22° (reines Fett), Schmp. der Fettsäuren 40—45°, selten tiefer[3]).

Erstarrungspunkt 15—17°, der Fettsäuren 37—42° [3]).

Dichte: $D_{15} = 0{,}914—0{,}916$[1]).

Farbe: Sudfett aus frischen Knochen: fast weiß bis gelblich. Geringere Sorten sind gelb, braun bis fast schwarz. Die Bleichung[5]) ist nur bei säurearmen und verhältnismäßig reinen Fetten durchführbar. Bei reinen Fetten wird sie durch Einwirkung von Luft und Sonne auf zerkleinertes häufig umzuschaufelndes Fett, sonst durch Kaliumbichromat und Schwefelsäure oder ähnliche oxydierende Agentien bewirkt. Zweckmäßig wird das Fett vorher mit Salzwasser ausgekocht. Säuregehalt von mehr als 40% macht die Fette fast unbleichbar.

Säuregehalt: Bei reinen Fetten kaum über 6—7 % (als Ölsäure ber.), gewöhnliche Handelsware 15—20%, schlechtere Sorten auch bis zu 50%[4]).

Verseifungszahl[1]): 190—195.

Jodzahl[1]): 45—65 (meist 50—55).

Prüfung[1]): Die Handelsware wird zunächst auf Reinfettgehalt geprüft, zweckmäßig durch Kochen mit verd. Salzsäure (zur Zerlegung der Kalziumseifen) und Ausschütteln des Fettes mit Petroläther. Ferner Bestimmung der Asche. Als Wasser wird die Differenz: 100— (Reinfett + Asche) angesehen. (Oder direkte Wasserbestimmung durch Destillation mit Xylol.) Das Reinfett wird auf Schmelz- und Erstarrp. des Fettes und der Fettsäuren, Säure-, Verseifungs- und Jodzahl geprüft. Ferner auf Unverseifbares.

Verfälschungen sind verhältnismäßig selten. Abfälle aus der Reinigung fremder Fette und Öle; Verfasser hat auch gelegentlich Rohparaffin gefunden.

Haltbarkeit: Reines Fett aus gesunden frischen Knochen wird sehr schwer ranzig und sauer, anderes dagegen sehr leicht.

Verwendung: Reines (besonders Sud-)Fett wird zur Seifenfabrikation[6]) benutzt, auch als Schmiermittel und zur Gewinnung von Knochenöl (s. d.). Anderes Fett wird auf Stearinsäure (und Olein) verarbeitet (Kerzenindustrie).

Besondere *Handelssorten* existieren kaum (jedenfalls keine eindeutig definierten). Knochenfett wird nach Farbe, Fettgehalt usw. verkauft, zweckmäßig nur nach Muster.

Preise schwanken nach Art und Reinheit des Fettes. Gute Fette etwa 110—130 M. (1913).

Einfuhr betrug 1913: 4322 t, allerdings einschl. anderer tierischer „Abfallfette".

Literatur:

1. Hefter, Technologie der Fette u. Öle, Bd. II, Berlin, 1906. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Öle usw., Bd. II, Braunschweig, 1905. Benedikt-Ulzer, Analyse der Öle usw., Berlin, 1908. Ferner Hajek, Seifensiederztg. **1912,** 955ff. Seifert, Seifensiederztg. **1913,** 6.
2. Hefter, Lewkowitsch, Benedikt-Ulzer s. 1. S. a. Troika, Chem. Ztg. **1898,** Rep. 239.
3. Shukoff, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1901,** 229, s. a. 1. Ferner Wapert u. Kornauth, Chem. Ztg. **1901,** 760. Troiky, Chem. Ztg. **1890,** Rep. 239.
4. S. 1. Ferner Schestakoff, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **9,** 180. Valenta, Ztschr. chem. Ind. **1887,** 265.
5. S. 1. Auch Hartl, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1905,** 214.
6. Über Knochenfett für d. Seifenherstellung s. a. Heß, Seifensiederztg. **1905,** 1017.
7. Trichloräthylen zur Knochenfettextraktion s. Bela Luch, Seifensiederztg. **394,** 421.

5. Knochenöl ist der flüssige Anteil des Knochenfettes (s. d.) und wird aus diesem in gleicher Weise gewonnen, wie Talgöl aus Talg (s. d.). Verwendung und Eigenschaften sind die gleichen wie die der Klauenöle (s. d.).

6. Klauenöle. Rinderklauenöl, Pferdefußöl; lat.: oleum pedum tauri (equorum). Franz. huile de pieds de boeuf (de cheval), engl. neats (horses) foot oil.

Gewinnung[1]): Auskochen der Rinder- usw. Füße mit Wasser, Trennung der flüssigen Anteile (ev. durch Pressung) von den festen.

Chemische Zusammensetzung[1]): Überwiegend Olein, wenig Stearin (u. Palmitin), sowie freie Öl- und Stearinsäure. Unverseifbare Stoffe meist unter 0,7%.

Schmelzpunkt[2]): Je nach Herstellung (Stearingehalt) über 0° bis 20/25°. Schmp. der Fettsäuren 13—37° (meist 24—31°).

Erstarrungspunkt[2]): Je nach Stearingehalt über 0—15° der Fettsäuren: 10—30° (meist 20—28°).

Zähflüssigkeit[2]): etwa 8—14 Englergrade bei 20°.

Dichte[2]): $D_{15} = 0{,}914—0{,}916$.

Farbe: Gute Öle fast farblos bis hellgelb.

Brechungsexponent[2]): 1,466—1,470 (60 bis 66 Skalenteile im Zeißschen Butterrefraktometer) bei 20° (Änderung für 1° C. — 0,00037)[3]).

Löslichkeit: In den üblichen Fettlösungsmitteln leicht löslich.

Gehalt an freien Säuren[2]): 1—5% etwa.
Verseifungszahl[2]): 187—198 (meist über 190 auch höher bis 203).
Jodzahl[2]): 60—85, meist unter 80.
Verhalten an der Luft: Reines Rinderklauen- und Knochenöl bleibt fast unbegrenzt unverändert. Bei Belichtung geht vorhandene oder sich bildende freie Ölsäure wahrscheinlich durch Oxydation in Laktone über, so daß sich der Säuregehalt auch bei teilweiser Spaltung des Öles beim Lagern nicht wesentlich ändert. Pferde-, Schweine-, Schaffußöle dagegen neigen zum Verharzen und sind daher minderwertig im Gebrauch.
Prüfung: Besonders auf Kältebeständigkeit (Erstarrp. soll nicht über —10° sein) und Säuregehalt, ferner Verseifungszahl und Jodzahl.
Verfälschungen sind sehr häufig; besonders wird das wertvollere Rinderklauenöl mit minderwertigem (von Pferden, Schweinen und Schafen) verschnitten. Der Nachweis dieser ist kaum zu erbringen. Weiter wird mit pflanzlichen Ölen, besonders Rübölen und Baumwollsaatöl verfälscht. Größere Mengen lassen sich durch Erhöhung der Jodzahl kleinere durch die Jodzahl der flüssigen Fettsäuren nachweisen, die bei Klauenölen und Knochenöl stets unter 100 liegt. Rüböl ev. durch Nachweis der Erukasäure (s. Rüböl); Baumwollsaatöl (s. d.) durch Farbenreaktion, die bei negativem Ausfall aber nichts beweist. Ferner: pflanzliche Öle durch Cholesterin-Nachweis. Trane und Mineralöle dienen auch zur Verfälschung.
Haltbarkeit: s. Verhalten gegen Luft.
Verwendung: Insbesondere als Schmieröl für feinmechanische Werke (Uhren, Nähmaschinen. Die Schmierfähigkeit ist groß. Metalle werden nicht angegriffen, wenn der Säuregehalt nicht zu groß ist (Maximum etwa 3%). S. a. Verhalten an der Luft. Ferner zum Ölen feiner Leder, Felle und Häute und als „Waffenöl". Auch hierfür soll der Säuregehalt niedrig sein. Einen eigentlich brauchbaren Ersatz gibt es für Rinderklauenöl und gutes chemisch gleichwertiges Knochenöl kaum. Alle Öl- und Mineralölkompositionen haben nicht die gleichen guten Eigenschaften als Schmieröl und kommen für die Lederölung oft gar nicht in Betracht, ausgenommen Kinnbackenöl vom Delphin (s. Trane), das aber teurer ist.
Als *Nebenprodukt* treten die stearinreichen festen Glyzeride beim Pressen auf, die wohl ausschließlich in die Kerzenindustrie wandern.
Besondere *Handelssorten* gibt es kaum. Es sei aber hervorgehoben, daß reines Rinderklauenöl selten ist und daß die handelsüblichen meist mit anderen Klauenölen vermischt sind (Pferd, Schaf usw.), die für sich wenig in den Handel kommen.
Preise sind verschieden, 1913: 100—140 M. (Lieferung in Fässern, auch in Ballons).

Literatur:

1. Hefter, Technol. der Öle, Bd. II, Berlin. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Öle, Bd. II, Braunschweig 1905. Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette, Berlin 1908.
2. S. 1. Ferner Holde u. Stange, Zentrbl. **1901 I**, 918. Fahrion, Seifensiederztg. **1911**, 25 (Ztschr. angew. Ch. **1911**, 1318). sowie eigene unveröffentlichte Ermittlungen des Verf.
3. Harvey u. Wilkie, Zentrbl. **1910 I**, 1358.

7. Degras, Gerberfett, Lederfett, Weißgerberdegras; engl.: sod oil; franz.: dégras, dégras de mégisserie.
Gewinnung[1]): Gerberfett ist ein Abfallprodukt der Sämischlederfabrikation. Die Häute, die nach Vorbehandlung mit Kalk in ein Gärungsbad gebracht werden, werden dann mit Walfischtran, Dorschleberöl oder dgl. stark eingefettet und so der Luft ausgesetzt. Hierbei oxydiert sich der Tran. Wird die Behandlung lange ausgedehnt (deutsche und englische Methode) so kann kein oder nur wenig Öl durch Pressen wieder entfernt werden. Dies geschieht daher durch Behandlung mit Alkalilaugen. Das zum großen Teil verseifte Fett (der Rest ist emulgiert) wird aus den Lösungen durch Säuren abgeschieden und bildet den Weißgerberdegras des Handels. Nach französischer Methode wird die Luftbehandlung der geölten Häute nicht so lange fortgesetzt. Es läßt sich dann ein großer Teil des oxydierten Tranes durch Pressen entfernen und gewinnen: Moellon (première torse Moellon). Gewöhnlich wird der Moellon nicht rein verkauft sondern, mit anderen Fetten, Talg, Knochenöl, Palmkernöl u. a. m. vermischt.
Zusammensetzung[1]): Das charakteristische Merkmal des Degras ist der Gehalt an Oxysäuren bzw. deren Anhydriden und Glyzeriden. Der Gehalt an (freien und gebundenen) Oxysäuren („Degrasbildner" genannt) steigt bis zu etwa 20%.

Französischer Degras (moellon) enthält, seiner Gewinnung entsprechend, weniger Asche (bzw. Seife) und Wasser, als deutscher (englischer), und enthält weniger Hautfragmente.

Die Zusammensetzung wechselt natürlich nach der Art des Tranes und der Behandlung außerordentlich; folgende Tabelle gibt ein Bild der Zusammensetzung bezüglich der wichtigsten Punkte.

Analysen einiger Degrassorten[2]).

	Reine Tran-Degras			Handels-Degras		
	Minim. %	Maxim. %	Mittel %	Minim. %	Maxim. %	Mittel %
Wasser	11,5	13,4	10,5	1,0	40,6	17,05
Asche	0,07	1,84	0,26	0,05	1,45	0,52
Fett	82,3	97,7	88,2	51,1	96,2	80,4
Im Fett:						
Unverseifbar	0,9	3,4	2,2	0,4	41,5	14,5
Oxysäuren	0,95	16,2	9,1	0,65	21,4	7,8
Säurezahl	30,4	118,7	76,4	36	146	78
Verseifungszahl	176	208,3	188,5	138	196	166
Jodzahl	62	121	76,4	23	78	50
Hautfragmente	0,04	5,2	1,7	0	3,2	1,6
Eisen	0,002	0,11	0,03	0,005	0,10	0,04

Prüfung[3]): Wassergehalt durch Xylol-destillation s. Art. „Untersuchung der Öle usw." Bei gutem Degras nicht über 30%, höchstens 40%, bei Moellon unter 20%. Künstlicher Degras nach Allen 10—12%.

Fett: Extraktion mit Petroläther. Filtrieren; Petroläther gegebenen Falles vom Wasser trennen, eindampfen (unverseifbare Stoffe s. u. sind abzuziehen).

Seife: Filter von der Fettextraktion mit heißem Wasser behandeln, ansäuern und Extraktion der als Seife gebundenen Fettsäuren mit Äther. In Degras bis 5% etwa, in Moellon bis 0,3.

Degrasbildner (s. o.) ist wie die Bestimmung der Oxysäuren auszuführen (s. Art. „Untersuchung der Öle"). In gutem Moellon über 10%, in Degras über 5%.

Fremde Fette werden durch Untersuchung des isolierten Fettes festgestellt. Das spez. Gew. des natürlichen Degrasfettes liegt stets über 0,920, meist 0,940 bis 0,955. Der Schmp. der Fettsäuren 18 bis 30°; Talg in größeren Mengen erhöht ihn. Kolophonium ist durch die Storch-Morawski-Reaktion, Wollfett durch die Isolierung und Prüfung des „Unverseifbaren" zu ermitteln (s. „Kolophonium" und „Wollfett").

Unverseifbare Stoffe im Fett wie üblich zu bestimmen. Bei reinem Tran-Degras nicht höher als etwa 2—3%. Wichtig ist die Bestimmung der Asche (Weißgerber-Degras bis etwa 3%, Moellon etwa bis 0,1) und die des Eisen[1]). Mehr als 0,05% sind schädlich, da sonst leicht Graufärbung des Leders erfolgt[4]).

Beurteilung: Weder der Zusatz unbehandelten Tranes oder anderer Fette kann ohne weiteres als Verfälschung angesprochen werden, es sei denn, daß ausdrücklich „reiner Tran-Degras" vorliegt. Im übrigen gehen Anhaltspunkte für die Beurteilung aus dem unter Prüfung Mitgeteilten hervor.

Ersatz: Da die natürlich gewonnenen Gerberfette bei weitem den Bedarf nicht decken, auch nicht die Mengen, die man durch wiederholtes Tränken und Pressen von Lederabfällen erzeugt hat[5]), stellt man „künstlichen Degras" dar durch Einblasen von Luft in erhitzten Tran[6]). Den „geblasenen Tran" versetzt man dann mit Wasser (z. B. 10—15%), das Soda (z. B. 0,1% des Trangewichtes) enthält. Mischungen von unbehandeltem Tran oder Rizinusöl mit Mineral-, Harzölen, Paraffin u. ähnl. mehr[7]) verdienen den Namen Degrasersatz nicht, der ihnen bisweilen gegeben wird.

Anwendung: Degras ist für die Behandlung des Oberleders unentbehrlich. Die Wirkung soll beruhen auf dem leichten Eindringen, der feinen Verteilung in den Poren (wohl durch die Emulgierfähigkeit der Oxysäuren), eine anscheinend durch die ungesättigten (und oxydierten?) Fettsäuren bedingte „Nachgerbung". Sie hindern das Austrocknen und Schimmeln des Leders. Über Lederfette und deren Ersatz durch Fettsäuren s. Fahrion[8]).

Literatur:

1. Lewkowitsch, Chem. Technologie der Fette, Öle usw. II, Benedikt-Ulzer, Analysen der Fette u. Wachsarten. Hefter, Technologie der Öle, Fette usw.; s. a. Geerdts, Seifensiederztg. **1917**, 653, 671. Eitner, Der Gerber **1890**, 85, 181; **1893**, 257. Simand, ebenda **1890**, 243ff.
2. Aus eigenen Analysen, zusammengestellt mit Literaturangaben.
3. S. I und Holde, Analysen der Kohlenwasserstofföle u. Fette; besonders auch Fahrion, Collegium **1911**, 53.
4. Simand, Der Gerber l. c.
5. DRP. 117302; s. a. Ledertechn. Rundsch. **1911**, 3.

6. Ledertechn. Rundsch. **1913**, 413; DRP. 39952 und 42308.
7. s. z. B. Seifensiederztg. **1911**, 313, 374.
8. Fahrion, Chem. Revue üb. d. Fett- u. Harzind. **1915**, 77.

8. Wollfett (Wollschweißfett, Wollwachs); lat.: adeps lanae; franz.: suint; engl.: wool fat, yolk grease, wool grease.

Gewinnung:[1]) Extraktion von roher Schafwolle mit Benzin, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Äther[2]) u. a. m. oder Herauslösen mit verdünnten Lösungen von Alkali- und Ammonkarbonaten oder mit Seifenlösungen und folgendem Ansäuern. Das auf die letzte Art gewonnene Wollfett enthält bis zu 20% fremde Fettsäuren aus den Seifen. Die Reinigung geschieht in mannigfacher Weise z. B. durch Behandlung mit Säuren, wie Schwefelsäure, Phosphorsäure[3]) u. a., auch wird es von den freien Säuren befreit z. B. durch partielle Verseifung und Abscheidung des Neutralfettes mit Kochsalz[4]).

Chemische Zusammensetzung: Nicht völlig aufgeklärt[5]), Wollfett ist ein Gemisch von zahlreichen Fettsäuren (festen, flüssigen und flüchtigen), vor allem Karnaubasäure, Kerotinsäure, wahrscheinlich auch Palmitin —, weniger Ölsäure, Stearinsäure. Ferner wurden Oxysäuren und Laktone gefunden. Die Säuren sind z. T. verestert an verschiedene höhere Alkohole, wie Cholesterin (Schmp. 148/150°), Isocholsterin (Schmp. 137/138°) und einige andere unbekannter Natur. Die Alkohole sind z. T. auch frei vorhanden. Ihre Menge beträgt etwa 43—52%.

Die Eigenschaften wasserfreier Wollfette sind:

Schmelzpunkt[6]): 31—42,5°, der Fettsäuren 41—42°, deren Erstarrp. 40°.

Flammpunkt[6]): etwa 260°.

Dichte[6]): $D_{15} = 0{,}94—0{,}97$.

Farbe[6]): braungelb bis schmutzigbraun.

Löslichkeit[6]): In den üblichen Fettlösungsmitteln löslich. Mit Wasser in beliebigen Mengen zu haltbaren Emulsionen verreibbar; bei dem Verhältnis 1 : 1 ist kaum eine Veränderung der Konsistenz zu bemerken, bei einem solchen von 1 Fett zu 2 Wasser ist die Masse noch salbenartig. S. a. „Prüfung".

Säurezahl[6]): etwa 13—25.

Verseifungszahl[6]): etwa 80—130.

Jodzahl[6]): 15—29, auch höher, besonders bei Fetten aus kranken Tieren (Cockle-Wollfett[10])). Jodzahl der Fettsäuren: etwa 17.

Verhalten gegen Luft und Chemikalien: Wollfett ist recht beständig sowohl gegen den oxydierenden Einfluß der Luft, als auch gegen nicht allzu konzentrierte Säuren. Durch Laugen ist Wollfett bis auf einen kleinen Teil (gegen 4%) leicht verseifbar. Zur vollständigen Verseifung ist aber die Anwendung von Temperaturen über 100° (Druck) erforderlich. Die gebildeten Seifen sind in Benzin und dgl. z. T. löslich.

Prüfung: Bestimmung von Säure-, Verseifungs- und Jodzahl, sowie Verhalten gegen Wasser (s. Löslichkeit) und Wassergehalt (s. Handelssorten). Charakteristische Farbenreaktionen: Lösung von 0,25 g in 10 ccm Chloroform + 10 ccm konzentrierter Schwefelsäure gibt eine blutrote, grün fluoreszierende Lösung. Lösung des Fettes in Azetanhydrid + 1 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure wird rötlich bis braun, dann tiefgrün. Prüfung auf Verfälschungen: Paraffin, Mineralöl u. dgl.: 40 ccm einer Mischung von 1 T. Amylalkohol mit 2 T. Alkohol (90%ig) lösen 10 ccm Wollfett klar; schon bei 5% Mineralöl zeigen sich Öltropfen[7]). Genauere Prüfung durch Isolierung und Untersuchung des Unverseifbaren[8]), das bei reinem Fett nur aus Alkoholen besteht (Schmp. 33—35°, Erstarrp. 28°, Azetylzahl 144, Jodzahl 26—36). Völlig löslich in heißem Azetanhydrid. Prüfung auf Fett durch Untersuchung auf Glyzeringehalt; auf Harz durch Extraktion mit n/10 Natronlauge, Ansäuern des klaren Filtrates und Prüfung der ausgeschiedenen Säuren nach Storch-Morawski (s. Kolophonium).

Verwendung: Reines und säurefreies Wollfett wird vor allem pharmazeutisch verwendet (Lanolin-Wollfett, Wassermischung mit etwa 25% Wasser), ferner in der Gerberei zum Fetten des Leders; als Treibriemenfett, Huffett, zur Herstellung von Schmierfetten, Wagenfetten, Walzenfetten, Seilschmieren[11]), Bohnermassen, Seifen, Isoliermassen, Dachpappen s. a. „Wollfettdestillate"; weniger geeignet zur Herstellung von Anstrichmassen[12]).

Handelsformen: Wollfett roh, gereinigt (raffiniert); trocken (Wassergehalt 0,3—1%, wasserhaltig und DAB. Ware. Handelszentren: Hannover und Bremen. Das wasserhaltige gereinigte Wollfett kommt als Lanolin, Laniol, Alapurin und unter anderen Phantasienamen in den Handel.

Preise: (1913) roh 100 kg 21—22 M.; gereinigt 90—120 M., DAB. Ware 150—175M. Große Posten in Fässern, kleinere (gereinigte Ware) in Blechdosen von ¼—5 kg.

Wollfettdestillate[1]) [8]) [9]) [14]).

Gewinnung durch Destillation des Wollfettes mit überhitztem Dampf. Bis 300° gehen hauptsächlich flüssige Anteile über, von 300—310° Anteile, aus denen man durch freiwilliges Ablaufen ein weiches

Destillat und Wollfettolein gewinnt, über 310° trennt man durch Pressen in der Kälte Stearin vom Olein.

a) Wollfettolein[8]) [13]) [14]), Dichte (15°) meist 0,89—0,92; Brechungsexponent (20°) 1,495—1,500. Enthält 40—60% freie Säuren (wesentlich Karnauba- und Kerotinsäure), 10—53% Kohlenwasserstoffe, geringe Mengen Ester und höhere Alkohole. Prüfung namentlich auf fremde unverseifbare Stoffe (Mineralöl): Gleiche Teile Olein- und Äthyl-Methylalkoholmischung (10 + 90) geben klare oder schwach trübe Lösung bei reinem Olein; Öltröpfchen schon bei 10% Mineralölzusatz[14]). Genauere Prüfung durch Isolierung des Unverseifbaren[3]) (bei reinem Olein: $[\alpha]_D = +18$ bis $+28$. Jodzahl 50—80), Prüfung auf Harz wie bei Wollfett, ebenso die Farbenreaktionen.

Verwendung: Als minderwertiges „Schmelzöl" für die Wollspinnerei (hierfür hoher Gehalt an Unverseifbarem schädlich, da schwer auswaschbar). Dient auch zur Verfälschung des Oleins, ist in diesem durch die Gegenwart und Eigenschaften der unverseifbaren Stoffe zu ermitteln. Ferner zur Herstellung konsistenter Maschinenfette.

b) Wollfettstearin[8]) u. [14]): franz.: graisse jaune de suint.

Dichte: (15°) 0,905—0,920. Schmelzpunkt 45 bis 57°, der Fettsäuren 60—67°. Säurezahl der Fettsäuren 148—177. Menge der unverseifbaren Stoffe 32—42% (deren Jodzahl 42—56; $[\alpha]_D = +26$ bis $+31$°).

Verwendung als Leder- und Treibriemenfett; zur Herstellung wasserdichter Stoffe und Papiere; in der Seifenfabrikation; zum Fetten von Hülsen in der Sprengstoffindustrie; nicht für Kerzen brauchbar.

c) Salbenartiges Destillat[8]) u. [14]): (franz.: graisse blanche de suint): 40—60% Säuren (Schmp. 44—47°, Jodzahl 10—15, Verseifungszahl 210—217, bei den festen Säuren; bei den flüssigen Säuren: Jodzahl 43—48, Säurezahl 183—208), 15—35% unverseifbare Stoffe (Jodzahl 60—74, $[\alpha]_D = 12{,}5$—20°).

Verwendung: in der Seifenfabrikation; als konsistente Schmierfette.

Nebenprodukt: Wollfettpech (goudron de suint) Rückstand der Wollfettdestillation, weiche bis zähe tiefbraune nur teilweise in Fettlösungsmitteln lösliche Masse. Verwendung zur Herstellung von Walzenfetten, Dachpappen, Isoliermaterialien, vorübergehendem Rostschutz, Schuhwichsen u. a. m.; wird auch einfach als „Fettpech" bezeichnet, s. d. Artike „Fettsäuren".

Literatur:

1. Hefter, Technol. d. Fette usw., Berlin, 1906. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Fette usw., Bd. II, Braunschweig, 1905. Benedikt-Ulzer, Analyse d. Fette u. Wachsarten, Berlin, 1908. Donath u. Margosches, Das Wollfett u. seine Gewinnung, Stuttgart, 1901.
2. S. z. B. DRP 1554.
3. DRP 7638 u. 86 707.
4. DRP 134 183.
5. Darmstädter u. Lipschütz, Ber. chem. Ges. **1895,** 3133; **1896,** 618, 1474, 2890, **1898,** 103. Schulze, Ztschr. f. Ch. **1870,** Ber. chem. Ges. **1898,** 1200. de Sanctis, Gazz. chim. ital. **1894,** 14, Zentrbl. **1894,** 1160. Marcusson, Seifenfabrikant **1915,** 693, 714. Röhmann, Biochem. Ztschr. **1916,** 298; s. a. 1.
6. S. 1. u. Holde, Analyse d. Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin, 1918. S. a. Eachus, J. Am. Chem. Soc. **1913,** 312.
7. Letting, Seifensiederztg. **1913,** 794.
8. Holde, s. 6. S. a. Öle u. Fette: Untersuchung.
9. Gill u. Mason, J. Am. Chem. Soc. **1904,** 665.
10. Procter, Zentrbl. **1913 I,** 1050.
11. S. Seifensiederztg. **1911,** 1308; **1912,** 552 u. 616, ferner z. B. DRP 174 249. Otto, Seifensiederztg. **1911,** 1121.
12. DRP 166 563; Techn. Mitteil. f. Malerei **28,** 107.
13. Zusammensetzung s. Gill u. Forrest, J. Am. Chem. Soc. **1910,** 1071.
14. Marcusson u. v. Skopnik, Z. angew. Ch. **1912,** 2577.
14. Winterfeld u. Mecklenburg, Mitt. Mat. Prüf. **1910,** 471.

D. Abfallfette. Die Abfallfette kann man in 2 Klassen einteilen:

I. Die Abfälle aus der Gewinnung oder Reinigung der Öle und Fette. Hierzu gehören als wichtigste:

Die Mucilage und der Soapstock als Abfallprodukt der Baumwollraffination, die Raffinationsabfälle des Kokosfettes, Fischstearin usw. Über derartige Fette siehe die einzelnen Öle und Fette.

II. Abfallfette aus gebrauchten Fetten und Fettprodukten und fetthaltigen Abfällen. Die wichtigsten dieser Art sind:

1. Walkfette, Wollwaschfette: Unter Walkfetten versteht man die aus den seifenhaltigen Abwässern der Walkereien durch Abscheiden mit Säuren wiedergewonnenen Seifenfettsäuren.

Die *Zusammensetzung* ist naturgemäß ganz verschieden von der Zusammensetzung der verwendeten Seifen, sie hängt ab von dem Fettgehalt und den unverseifbaren Stoffen der gewalkten Gewebe. Die aus Seifenwässern der Seidenindustrie stammenden Abfallfette enthalten sehr viel Olivenölfettsäuren, ebenso die aus Waschwässern feiner Wollwaren, da zu diesem Zwecke reine Olivenölseifen oder Seifen

die aus diesem Öl zum größten Teil bestehen, Verwendung finden.

Die Waschwässer aus dem Wasser verschmutzter Stoffe, ebenso wie die vom Auswaschen der Schmelzöle vom Verspinnen der Wolle, enthalten naturgemäß die verschiedenartigsten Fettsäuren und unverseifbare Stoffe, wie Mineralöl, in wechselndem Maße.

Die Verwendung dieser wiedergewonnenen Fette bzw. Fettsäuren richten sich nach der Art. Die reineren können unmittelbar wieder zu Seifen verarbeitet werden, unreinere sind Reinigungsprozessen zu unterwerfen, sie dienen vielfach zur Darstellung von Destillatolein und -stearin (s. „Fettsäuren") s. a. „Wollfett".

2. **Kanalisationsfett, Abwässerfett,** gewonnen durch Abscheidung der Fette aus den industriellen und städtischen Abwässern durch besonders konstruierte „Fettfänger"[1]).

Naturgemäß gehen in diese Fette viel Verunreinigungen hinein aus Schmierölen und dergleichen. Das Fett ist größtenteils als Fettsäure vorhanden, bedarf aber weitgehender Reinigung[2]) durch Aufschmelzen und Absitzenlassen, durch Entfernung des mechanisch beigemengten Schmutzes und Behandlung mit Schwefelsäure oder anderen Reinigungsmitteln und endlich eine Destillation. Aus einer Anlage bei Frankfurt a. M. wurde auf diesem Wege eine Fettsäure erhalten, die bei der Destillation rund 50% Olein gab (Säurezahl 160,5, Verseifungszahl 167, Jodzahl 62,9) und rund 50% Stearin (Säurezahl 195, Verseifungszahl 199, Jodzahl 25)[3]).

Man muß sich jedoch bewußt bleiben, daß diese Fette in ihrer Zusammensetzung außerordentlich schwanken und daß man die Analysenangaben einzelner Abwässerfette nicht auf andere übertragen kann.

Nach Schwab werden aus 3 cbm Abwässer durchschnittlich 14 kg Fett gewonnen[1]). Nach Holde[3]) enthält der abgeschiedene Fettschlamm zwischen 3,4 bis 26,8, im Durchschnitt 16,7% Fett. Die gereinigten bzw. destillierten Fettsäuren können der Seifenfabrikation dienen.

3. **Leimfett**: Leimfett wird als Nebenprodukt bei der Leimgewinnung, aus Knochen, mittels Dampf, gewonnen. Es hat nahezu die gleichen Eigenschaften, wie Knochenfett. Zur Zerstörung etwa vorhandener organischer Fremdstoffe wird meistens eine Behandlung mit Schwefelsäure vorgenommen, da diese Stoffe sonst eine Emulsion bewirken, die bei der Seifendarstellung das gute Absetzen des Kerns erschwert. Auch der Leimgeruch dieser Fette wird durch die Schwefelsäurebehandlung beseitigt[4]). Es enthält meist viel freie Fettsäuren und den Wert beeinträchtigende Oxysäuren.

4. **Lederfett**[5]) nennt man die durch Pressen oder Extraktion wiedergewonnenen Öle, die bei der Herrichtung des Leders bzw. beim Gerben benutzt wurden. Man kann 2 Typen unterscheiden. Bei der Verwendung von Tran erhält man den sog. Degras (s. Art. Degras). Bei Verwendung anderer Fette erhält man je nach deren Art Abfallfette der verschiedensten Zusammensetzung, die oftmals hohe Gehalte an unverseifbaren Stoffen aufweisen und sich durch einen starken Ledergeruch auszeichnen. Nach Lach werden sie vorteilhaft mit Kaliumchlorat und etwas Schwefelsäure behandelt[5]).

5. **Kadaverfett** oder **Abdeckerfett**[6]) wird aus Tierkadavern durch Ausschmelzen unter Druck gewonnen. Es ist meistens sehr dunkel, kann aber durch Tierkohle oder Bleicherden geklärt werden und ist dann gelblich bis bräunlich und fast geruchlos. Da es gut verseifbar ist, stellt es ein brauchbares Seifenfett dar, dessen Zusammensetzung natürlich außerordentlich verschieden ist und abhängig von der Art der Tiere. Unverseifbare Stoffe sind bei dieser Art von Abfallfett nur insoweit vorhanden, als sie die Fette an und für sich aufweisen.

Prüfung der Abfallfette: Diese wird sich vor allen Dingen auf die Bestimmung der Menge der Fettsäure und des „Unverseifbaren" beziehen. Ferner werden hier zur Beurteilung der praktischen Verwendbarkeit Reinigungs- bzw. Bleichversuche vorgenommen werden müssen mit den verschiedenartigsten Behandlungsmethoden, z. B. Kaliumbichromat und Salzsäure oder Schwefelsäure, Chlorkalk und Salzsäure, Behandlung mit Bleicherden und Knochenkohle, Vorreinigung durch Ausschmelzen mit Wasser oder Salzlösungen und so fort. Ferner kann ein Kleinversuch zur Darstellung der Seife und Beobachtung der Beschaffenheit dieser Seife zu einer Beurteilung nötig werden.

Die Menge der Abfallfette ist sehr bedeutend[8]). Zahlenangaben finden sich selten und sind so widersprechend, daß nur daraus hervorgeht, daß man sich über die Menge der gewonnenen verarbeiteten Abfallfette kein klares Bild machen kann. Bei der Verwendung von Abfallfett kann man weniger, als bei irgendeinem anderen, irgendwelche Schlüsse aus dem Namen ziehen. Ebensowenig kann man allgemein über ihre Verwendbarkeit ein Urteil abgeben; nur nach guter Prüfung sollte man sie verwenden.

Literatur:

1. Grempe, Seifensiederztg. **1915,** 846, 867. Kruel, Seifenfabrikant **1917,** 285. Roth, Gesundheitsing. **1916,** 503. Schwab, Seifensiederztg. **1917,** 255, 274. Paulmann, Chem. Ztg. **1915,** 792; Z. angew. Ch. **1915,** 685;; s. a. DRP. 287432 und 300218.
2. Löb, Seifensiederztg. **1915,** 907.
3. Kolde, Seifenfabrikant **1914,** 995.
4. Knorr, Seifensiederztg. **1917.**
5. Lach, Seifenfabrikant **1915,** 413, 438; s. a. 4.
6. Ljubowski, Seifensiederztg. **1914,** 1026.
7. Dubovitz, Seifensiederztg. **1914,** 341.
8. Amerikanische Statistik s. Pearl, Journ. Ind and Engin. Ch. **1918,** 927 (Chem. Zentrb. 1919, II. 697).

E. Fettsäuren (Stearin-, Palmitin-, Ölsäure) und **Fettpech.**

Gewinnung[1]) durch Spaltung der Fette und Öle in ihre Komponenten: Fettsäure und Glyzerin $(R.COO)_3.C_3H_5 + 3H_2O = 3R.COOH + C_3H_5(OH)_3$.

1. Autoklavenspaltung: Spaltung des Fettes bei 6—10 atm Druck unter Zusatz von 2—4% Kalziumhydrat, Magnesium- oder Zinkoxyd und Wasser. Aus dem Reaktionsprodukt wird das Glyzerinwasser abgelassen, das Gemisch von Fettsäure und Kalk-(Mg oder Zn-) Seife mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt und die reine Fettsäure getrennt (s. a. 3).
2. Krebitzverfahren: Das Fett wird durch Erhitzen mit der äquivalenten Menge Kalziumhydrat verseift, aus der gebildeten Kalkseife durch Wasser das Glyzerin ausgewaschen, die Kalkseife mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt.
3. Säurespaltung: Behandlung des Fettes mit 4—12% konzentrierter Schwefelsäure bei etwa 120°. Hierbei tritt außer der Spaltung eine Veränderung der ungesättigten Säuren ein; Ölsäure geht in Oxystearinsäure über:

$$C_{17}H_{33}COOH + H_2SO_4 = C_{17}H_{34}\begin{cases}COOH\\OSO_3H\end{cases};$$

beim Kochen mit Wasser

$$C_{17}H_{34}\begin{cases}COOH\\OSO_3H\end{cases} + H_2O = C_{17}H_{34}\begin{cases}COOH\\OH\end{cases} + H_2SO_4.$$

Bei der Destillation geht die Oxystearinsäure dann unter Wasserabspaltung in Isoölsäure über. Durch die Bildung der Isoölsäure (Schmp. 44—45°) wird die Ausbeute an festen Fettsäuren gegenüber anderen Verfahren um 12—18% gesteigert. Dieses Verfahren wird daher auch auf Fettsäuren aus anderen Spaltungsverfahren (s. 1) angewendet.

4. Spaltung mittels organischer Sulfosäuren.
   a) Twitschell-Reaktiv[2]). Gewinnung durch Behandlung von Fettsäuren oder Fetten in Mischung mit molekularen Mengen von aromatischen Kohlenwasserstoffen (Naphtalin) mit konzentrierter Schwefelsäure. Das erhaltene Produkt ist eine Mischung (nicht, wie Twitschell glaubte, eine Verbindung), die stark emulgierend wirkt und durch Schwefelsäureabspaltung in wäßriger Lösung die Spaltung hervorruft[3]).
   b) Pfeilringspalter. In ähnlicher Weise wie a) gewonnen, indem statt der Fette gehärtete Fette (besonders gehärtetes Rizinusöl) verwendet werden. Die Spaltung mit diesem Spalter liefert hellere Fettsäuren, als die mit Twitschell-Spalter.
   c) Kontaktspalter[4]) wird durch Sulfurieren von Mineralölen gewonnen und besteht wesentlich aus Sulfonaphtensäuren. Die Spaltung mit ihm geht schneller, als die mit a und b und liefert sehr helle Fettsäuren[5]), doch ist die vollständige Gewinnung der Fettsäuren infolge der außerordentlich großen Emulgierfähigkeit des „Spalters" etwas schwierig, da leicht etwas Fettsäure im „Glyzerinwasser" verbleibt[6]).

   Die Ausführung der Spaltung mit diesen Produkten geschieht durch Zusatz von 1—2% Schwefelsäure, ½—1% Spalter und 20% Wasser zu dem Fett. Nach 20—24 Stunden (Kontaktspalter: 10—12) tritt Stillstand der Reaktion ein. Das Wasser wird abgelassen und nun wird mit reinem Wasser erneut gespalten. Dann folgt Zusatz von $^1/_{20}$% Bariumkarbonat zur Neutralisation der Schwefelsäure, da sonst die erhaltenen Fettsäuren an der Luft nachdunkeln. Das von den Fettsäuren getrennte schwache Glyzerinwasser der zweiten Spaltung wird zu einer nächsten Fettspaltung verwendet.
5. Fermentspaltung[7]). Diese beruht auf den in vielen Pflanzensamen, besonders in den Rizinussamen befindlichen fettspaltenden Fermenten (Lipasen). Gemahlene Samen oder aus ihnen hergestellte fermentreichere Präparate werden mit dem Öl gemengt und mit angesäuertem Wasser ($^1/_{80}$—$^1/_{100}$ normal) emulgiert. Zusatz von 0,1—0,2% Mangansalzen (auch Eisensulfat u. a.) beschleunigen die Spaltung, die etwa 2 Tage dauert. Man erhält 3 Schichten: Unten Glyzerinwasser, oben Fettsäuren, dazwischen Samenteile und Öl. Die Zwischenschicht kann zur Seifen-

fabrikation dienen. Die Fettsäuren sind sehr hell, die Ausbeute aber nur etwa 90%.

Verwendung: Die Fettsäuren dienen entweder unmittelbar zur Seifenfabrikation (über ihre Schm.- und Erstarrp. s. die einzelnen Öle und Fette) oder sie werden in feste Säuren (Stearin s. u.) und flüssige (Olein) zerlegt. Dies geschieht bei reinen, (besonders nach 1, 2 und 5 erhaltenen) Fettsäuren durch Pressen nach Abkühlung auf geeignete Temperaturen. Bei unreinen oder dunklen Säuren werden diese erst destilliert (mit überhitztem Dampf bei 260—280°). Die Destillation[8]) liefert im wesentlichen 3 Produkte: 1. Eigentliches Destillat (s. o. Fettsäuren) mit 65—90% Ausbeute, 2. unreine Säuren, sog. Grünöl (nicht mit dem ebenso benannten Harzöl-Produkt zu verwechseln!), Ausbeute 6 bis 30% und Fetteer, bzw. Fettpech (3—10%) s. u.

Als Ausgangsmaterial für die Gewinnung der Stearinsäure dienen vornehmlich Talg, Knochenfett, Kammfett, auch Fischstearin, Palmöl, Chinesischer Talg, Japantalg und „gehärtete Fette". Die letzten 3 auch zur Herstellung von Palmitinsäure, die durch fraktionierte Kristallisation von der sie stets begleitenden Stearinsäure getrennt wird. Auch durch Schmelzen von Ölsäure mit kaustischem Kali wird Palmitinsäure gewonnen, dabei bildet sich Oxalsäure und Essigsäure.

Technische Stearinsäure enthält stets mehr oder weniger Palmitinsäure.

1. **Stearinsäure**, technisch meist „Stearin" genannt. Franz.: acide stéarique, engl.: stearic acid, lat.: acidum stearinicum.
2. **Palmitinsäure** „Palmitin", franz.: acide palmitique, engl.: palmitin acid, lat.: acidum palmitinicum.

	1. Stearinsäure (rein)	2. Palmitinsäure (rein)	3. technische Stearinsäure	
			Destillatstearin	Saponifikatstearin
Chemische Zusammensetzung (Mol.-Gew.)	$C_{17}H_{35}COOH$ (284)	$C_{15}H_{31}COOH$ (256)	Gemisch aus 1 und 2	
Schmelzpunkt	69,2 (71,5)[9])	62,6[9])	53—57 s. a. Sorten	meist: 55,5—65 s. a. Tabelle
Siedepunkt[10]) bei 760mm	359—383	339—356		
100 „	291	268		
10 „	232	215		
Dichte $D_{62°/4°}$	0,8454[11])	0,8527[11])	0,845—0,850	
Verbrennungswärme	9423 (konst. Druck)[12])	9226; 9265 konst. Druck 9316; 9353 konst. Vol.		
Brechungsindex bei 80°	1,4303	1,4269	1,430—1,428	
Löslichkeit in absol. Alkohol bei 20°	in 40 Teilen (in 1 Teil bei 50°)[14])	in 10 Teilen	je nach Art meist in 30 Teilen	
In Benzol, Äther	leicht löslich	wie 1	wie 1	
Säurezahl	197,5	219,1	meist 198—200	meist 198—205
Jodzahl	0	0	15—30	bis etwa 5

Prüfung[20]): Durch Schmp., Säure- und (ihr gleiche) Verseifungszahl und Jodzahl. Die Bewertung ist, außer nach der Farbe, nach dem Schmp. vorzunehmen. Das für die Kerzenfabrikation wichtige Verhältnis von Palmitin- zu Stearinsäure ist bei Jodzahlfreier Säure aus der Tabelle zu entnehmen. Verfälschungen sind meist leicht zu erkennen durch Veränderung der Konstanten, Paraffin und Zeresin schon durch die qualitative Probe auf Unverseifbares (s. Fette und Öle, Analyse); Karnauba-

wachs, das die Säurezahl erniedrigt, durch Abscheidung und Ermittlung der höheren Alkohole. Dieses sowie Neutralfett bewirken überdies eine von der Säurezahl abweichende Verseifungszahl.

Säurezahlen und Schmelzpunkte von Stearin- und Palmitinsäuregemischen:

Palmitinsäure	Stearinsäure	Schmelzpunkt	Säurezahl
100	0	62,6°	219,1
90	10	59,3°	216,95
80	20	56,5°	214,8
71	29	54,9°	—
70	30	54,85°	212,6
68	32	55,12°	—
66	34	55,38°	211,75
64	36	55,6°	—
62	38	55,9°	210,9
60	40	56,1°	210,45
58	42	56,25°	—
55	45	56,4°	209,4
50	50	56,4°	208,3
48	52	56,5°	—
45	55	57,2°	207,2
40	60	58,75°	206,15
30	70	61,7°	204,0
20	80	64,5°	201,8
10	90	67,0°	199,7
0	00	69,2°	197,5

Verwendung: Vor allem zur Kerzenherstellung. Für diesen Zweck ist reine Stearinsäure unbrauchbar, da sie infolge der großen Volumveränderung beim Schmelzen und Erstarren poröse Massen ergibt[22]). Sie muß daher Palmitinsäure enthalten. Ferner wird Stearinsäure in der Textilindustrie zum Appretieren und Glätten verwendet. In Form ihres Aluminiumsalzes dient sie zur Herstellung von Mattlacken (Spritlacken) als Mattierungsmittel. Die durch Umsetzung von Natriumstearat und Alaun oder anderen Metallsalzen auf der Faser erzeugten Stearate machen die Gewebe wasserdicht. Stearinsäureamid und -anilid[19]) wirken emulgierend und dienen zur Herstellung von Fettemulsionen als Wollschmelzen (Duron der Chem. Werke, Hansa in Hemelingen), ferner ist Stearinsäureamid und -anilid als Beize, zur Papierleimung und als Trübungs- und Härtungsmittel für Paraffinkerzen empfohlen worden. Ersatzmittel kommen kaum in Frage. Palmitinsäure wird in ähnlicher Weise verwendet.

Nebenprodukte sind bei der Fettspaltung das Glyzerin, bei der Pressung die Ölsäure, bei der Destillation das Fettpech (Stearinpech) s. u.

Handelssorten: Man unterscheidet Saponifikatstearin (ohne Destillation hergestellt) von dem minder wertvollen Destillatstearin. Dieses hat niedrigeren Schmp. und höhere Jodzahl infolge des Gehaltes an Isoölsäure (s. Fettsäuren „Gewinnung“[3]). Ferner wird nach Farbe und Grad des Durchscheinens Ia, IIa und IIIa Stearin unterschieden. Ia reinweiß und durchscheinend, IIIa gelb, nicht durchscheinend von niedrigem Schmp. (bis zu 40° herab).

Statistisches: Einfuhrländer sind Frankreich und England. In Deutschland kam vor dem Kriege die Einfuhr der Ausfuhr fast gleich. Früher war sie das Vielfache. Holland ist Ausfuhrland. Die deutsche Ein- und Ausfuhr war:

	Einfuhr	Ausfuhr
1910	1569 t	114 t
1911	1392 t	92 t
1912	752 t	337 t
1913	879 t	805 t

Die *Preise* für mittlere Ware (IIa) schwankten um 100 M. für 100 kg. Die Spannungen für Ia und IIIa Ware waren etwa 10 M. nach oben bzw. unten für Palmitinsäure.

3. Ölsäure (Olein, Elain des Handels) wird auch „Stearinöl“ genannt, franz.: acide oléique, engl.: oleic acid; lat.: acidum oleinicum (Gewinnung s. o.)[21]).

	reine Ölsäure	technische Ölsäure Zusammensetzung (s. Prüfung u. Sorten)
Erstarrungspunkt[16])	+ 4°	unter 0° bis etwa + 10°
Schmelzpunkt[16])	14°	etwa 8—15°
Siedepunkt[17])	250° im Dampfstrom	
Dichte[18]) $D^{15}/_4$	0,898	0,87—0,895
$D^{50}/_4$	0,875	
Säurezahl	198,5	wechselnd, da ein Teil der Säuren oft als Laktone vorliegt (s. Prüfung)
Verseifungszahl	wie Säurezahl	meist 194—198
Jodzahl	90,1	meist 70—85, auch weniger
Brechungsexponent bei 15°	1,4638	—
bei 50°	1,4509	—

Verhalten gegen Luft: Reine Ölsäure hält sich gut, unreine (also die überwiegende Mehrzahl des Handelsoleins) oxydiert sich leicht. Bei Destillation[27]) in Sebacin-, Essig-, Caprylsäure, Kohlensäure u. a. m. zerfallend. Im Vakuum 100 mm bei 286°, 10 mm bei 223° destillierend[25]).

Prüfung[20])[21]): Besonders auf Neutralfett, Unverseifbares (Kohlenwasserstoffe) und feste Fettsäuren. Neutralfett: Verseifungszahl (V) und Säurezahl (S) bestimmt D = V — S = Neutralfett + Laktone. Aus der völlig verseiften Lösung Fettsäuren abscheiden und deren Verseifungs- und Säurezahl bestimmen (V_a und S_a)[23]). Der Laktongehalt ist dann aus L = V_a — S_a, der an Neutralfett aus D — L zu errechnen, wobei man die betreffenden Zahlen zu halbieren hat (da Verseifungs- bzw. Säurezahlen der Fettsäuren und Fette annähernd 200 sind).

Unverseifbare Stoffe kommen in Oleinen vielfach als natürliche Beimengungen vor (s. Sorten). Diese (mittels Petroläther der durch Erhitzen mit alkoholischer Kalilauge und Verdünnen mit Wasser hergestellten Seifenlösung entzogen und durch Abdampfen vom Petroläther befreit) haben Jodzahlen von 62—69 und α_D = 4,8—9,6° und geben mit Essigsäureanhydrid und H_2SO_4 Farbenreaktionen[24]). Ihr Gehalt kann bis zu 10% sein. Zugesetzte Kohlenwasserstoffe: 6—8 Tropfen Olein + 5 ccm ½ norm. alkoholische Kalilauge 2 mi. im Reagenzglas kochen, dann 15 ccm Wasser zufügen: Geringe Trübung, durch die Fettdruck noch lesbar: keine Zusätze von Mineral- oder Harzölen, die zugegen sind, wenn Fettdruck nicht mehr lesbar ist.

Feste Fettsäuren können durch Herstellung einer Seifenlösung und Fällen mit Bleiazetat ermittelt werden. Die entstehende Bleiseife der Ölsäure ist ätherlöslich, die der festen Säuren nicht. Stark ungesättigte flüssige Säuren erhöhen die Jodzahl. Schmelzpunktstabellen über Ölsäuregemische sind der Verschiedenheit der „Olein"-Zusammensetzung wegen nahezu wertlos; sie finden sich in den Handbüchern[1])[20]).

Verwendung: Hauptsächlich zur Seifenherstellung, „Kern" — und „Schmierseifen", und als Wollspickmittel. Zur Verwendung in der Spinnerei sind Neutralfett und unverseifbare Stoffe schädlich, da sie schwer auswaschbar sind, auch feste Fettsäuren, da sie die Faser steif machen. Bei der Verwendung zur Seifenherstellung ist höherer Gehalt an „Unverseifbarem" zu beanstanden. In Form ihres Bleisalzes pharmazeutisch zu Pflastern; in der Lackindustrie wird Ölsäure Spritlacken zugefügt zur Elastizitätserhöhung. Aluminiumsalze werden ähnlich wie das stearinsaure Salz verwendet.

Sorten: Blonde Öle, gelb bis dunkelbraun, a) Saponifikatolein (ohne Destillation gewonnen), enthält wenig Kohlenwasserstoffe, aber Neutralfett, b) Destillatolein kein Neutralfett, aber meist Kohlenwasserstoffe, Oxysäuren und Laktone. Weißes Olein (doppelt destilliertes Olein), gelblichweiß bis dunkelgelb, muß frei von Kohlenwasserstoffen und Neutralfett sein und mindestens 99% Fettsäure enthalten. Seifenolein ist keine eindeutige Bezeichnung (meist gutes „Destillat" oder Mischung von solchem mit „Saponifikat").

Statistisches: In Deutschland betrug die

	Einfuhr	Ausfuhr
1910	16 204 t	1325 t
1911	14 552 t	605 t
1912	11 474 t	1091 t
1913	12 130 t	2044 t

Die *Preise* waren vor dem Kriege etwa 60 bis 70 M. für 100 kg ohne Faß (meist Eichenfässer von 130—140 kg), für „weißes Olein" etwa 85 M.

Fettpech, Stearinteer, Stearinpech (engl.: candle tear), sind dickflüssige bis zähe oder harte Rückstände der Fettsäuredestillation. Sie haben wechselnde Zusammensetzung, enthalten viel Fettsäuren und unverseifbare Stoffe, sind teils in Äther löslich, teils nicht. Säurezahlen, je nachdem sie mehr oder weniger stark abdestilliert sind, 0,2—25, Verseifungszahlen 10—35. Stearinpeche aus Fettsäuren, die aus Wollwaschwässern wiedergewonnen sind, enthalten reichlich Cholesterine. Verwendung zur Herstellung von Heißwalzenschmieren, feste Sorten auch zu Grammophonplatten-Massen, auch zu Schuhschmieren u. dgl.; ferner für Isoliermaterialien in der Elektrizitätsindustrie (Kabelwachs).

Literatur:

1. Näheres s. Hefter, Technol. der Fette u. Öle, Berlin **1906**, Bd. III. Lewkowitsch, Chem. Technol. d. Öle, Fette u. Wachse, Bd. II, Braunschweig **1905**. Ubbelohde u. Goldschmidt, Handbuch. Leipzig **1908**.
2. DRP. 114 491.
3. Grünlund, Z. angew. Ch. **1912**, 1326. Goldschmidt, Seifensiederztg. **1912**, 845. Ubbelohde u. Röderer, Seifenfabrikant **1918**, 425.
4. DRP. 264 785, 271 433; Seifensiederztg. **1914**, 1087, 1108.
5. Davidsohn, Seifensiederztg. **1913**, 1167.
6. Ubbelohde u. Röderer s. 3.
7. Connstein, Hoyer u. Wartenberg, Ber. chem. Ges. **1902**, 988; DRP. 188 429, 188 511, 191 113; s. a. Seifensiedertzg. **1905**, 509.

8. S. 1. u. Kaßler, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind.
9. Heintz, An. d. Ch. **92**, 295.
10. Carnelley, Ber. chem. Ges. **12**, 1360. Krafft, ebenda **12**, 1670, 1721.
11. Krafft, Ber. chem. Ges. **12**, 1724.
12. Stohmann, H., J. prakt. Chem. **1885**, 273. Favre u. Silbermann, Lieb. Ann. **1853**, 149. Stohmann u. Kleber, J. prakt. Chem. **1891**, 1 u. 538; **1892**, 475, Luginin, Ann. d. chim. **1887**, 220.
13. S. 11. u. 20.
14. Chevreul, „Recherches des corps grasses." Vogel, Jahresber. Fortschr. Chem. **1866**, 92.
15. S. 1. u. 20.
16. Partheil u. Ferié, Arch. Pharm. **1903**, 555.
17. Bolley-Borgmann, Ztschr. f. Ch. **1866**, 187.
18. Procter, J. Soc. Chem. Ind.
19. Müller-Jacobs, Z. angew. Ch. **1905**, 1141; Papierztg. **1910**, 3016, 3051; s. a. DRP 136 917.
20. S. 1. Ferner Benedikt-Ulzer, Analyse d. Fette u. Wachsarten. Berlin, **1908**. Holde, Analyse der Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin **1918**.
21. Rosauer, Chem. Rev. üb. d. Harz- u. Fettind. **1911**, 28.
22. Kopp, Ann. Chem. **93**, 184.
23. Stiepel, Seifensiederztg. **1912**, 365.
24. Marcusson, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1905**, 2.
25. Krafft-Nördlinger, Ber. chem. Ges. **22**, 819.

F. Türkischrotöl: engl.: turkey red oil, sulphonated oil; franz.: huile à rouge turc.

Unter Türkischrotöl versteht man mit Schwefelsäure behandelte verseifbare Öle, die, sei es gewaschen oder nicht, mit Alkalien oder Ammoniak teilweise neutralisiert sind.

Gewöhnlich versteht man unter Türkischrotöl ein derart gewonnenes Rizinusölprodukt.

Gewinnung: Rizinusöl wird meistens mit 20 bis 25% konz. Schwefelsäure bei 30—40° behandelt. Unterhalb dieser Temperatur verläuft wegen Verdickung der Öle die Sulfurierung ungleichmäßig. Oberhalb dieser Temperaturen erfolgen schädliche Nebenprozesse unter Dunkelfärbung. Es folgen eine oder mehrere Waschungen mit Kochsalz- oder Glaubersalzlösung und endlich Neutralisation des gewaschenen Öls mit Natronlauge oder Ammoniak. Die mit Ammoniak erhaltenen Öle sind leichter löslich, außerdem bleibt bei ihrer Anwendung bei Appreturen, Beizen usw. das Öl fester auf der Faser[1]).

Niedrig sulfurierte Öle mit 12—15% Schwefelsäure, wie sie für die sog. Altrotbeize gebraucht werden, sind nicht handelsfähig, da sie einige Zeit nach der Herstellung nicht mehr brauchbar sind.

Chemische Zusammensetzung[1])[2])[3]): Abhängig von der Art des Öles, der Menge der Schwefelsäure, Temperatur und Dauer der Einwirkung, von der Art des Waschprozesses, ferner vom Wassergehalt und der Menge und Art der Alkalien. Eine völlige Klarheit über die Zusammensetzung der Türkischrotöle besteht infolge ihrer außerordentlich wechselnden Zusammensetzung noch nicht. Wesentlich ergibt die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Rizinusöl folgendes:

1. Spaltung der Glyzeride, wodurch freie Rizinolsäure entsteht: $(C_{17}H_{32}(OH)COOH)$.

2. Anhydrisierung der Rizinolsäure zu Polyrizinolsäure, z. B. Dirizinolsäure ($OH.C_{17}H_{32}COO.C_{17}H_{32}COOH$).

3. Veresterung der Mono- und Polyrizinolsäure an der Hydroxylgruppe, z. B. Rizinolsulfursäure $(C_{17}H_{32}(O.SO_3H)COOH)$; ferner Dioxystearinschwefelsäure $(HO.SO_2.O)_2.C_{17}H_{33}.COOH$ u. a. m., daneben noch mehr oder weniger Neutralfett, Glyzeride und Säureanhydride.

Gewöhnliche Türkischrotöle haben etwa folgende Fett- und Alkalimenge[4]): 20 bis 27% freie Fettsäuren, 25% sulfurierte Säuren u. Neutralfett, 1,3—1,5% Na_2O.

Der Gesamtfettgehalt beträgt bei guten Präparaten 50—70%, bei hochwertigen auch mehr. Rotöle mit 35% Gesamtfett und weniger können im allgemeinen als minderwertig bezeichnet werden.

Der Gehalt an Gesamtschwefelsäure liegt zwischen etwa 2 und 7%, der Alkaligehalt beträgt meist etwa 1,5—2%.

Das abgeschiedene Gesamtfett (s. a. „Untersuchung") zeigt gewöhnlich Säurezahlen von 130—145, auch höher, und Verseifungszahlen von 185—190. Die Azetylzahl liegt bei oder über 140 (nach Lewkowitsch[2]) über 125?) Jodzahl bis 70. Die wirksamen Bestandteile sind vor allem die Polyrizinolsäuren und nicht, wie vielfach angenommen wurde, die Sulfoprodukte, da auch Türkischrotöle, die fast frei von diesen sind, vollständig wirksam sind[3]). An deren Stelle treten bei anderen Fetten innere Ester der durch die Schwefelsäureeinwirkung entstehenden Oxysäuren. Die Wirksamkeit der Rizinolsäure und der Rizinolsulfosäure erstreckt sich nach Herbig auf Erhöhung des Netzungsvermögens[5]).

Nach Kobert[6]) wirkt Türkischrotöl hämolytisch. Blutkörperchen lösen sich zu roter Flüssigkeit. Dann tritt Trübung ein unter Spaltung des Blutfarbstoffs. Die hierbei wirksamen Bestandteile sollen die gleichen sein, wie bei der technischen Verwendung, so daß nach Kobert das Maß

der Hämolyse wahrscheinlich einen Maßstab für die technische Verwendbarkeit darstellt.

Löslichkeit: Gutes Rotöl ist in wenig warmem Wasser klar löslich, mit der 10fachen Menge Wasser vermischt, soll es haltbare, nicht allzu milchig trübe Emulsionen bilden. In Ammoniaklösungen sollen gute Rotöle auch bei starker Verdünnung sich klar lösen.

Benzol, Mineralöle, Neutralfette, Tetrachlorkohlenstoff u. a. m. sind zu ¼ bis ½ des Volumens in 50%igen Rotölen meist klar löslich. Die Lösungen bilden mit Wasser ziemlich haltbare Emulsionen. In Äther lösen sich die Rotöle; die Lösungen geben aber mit Wasser Ausscheidungen, die sich in mehr Wasser wieder lösen unter Trennung der Ätherschicht, die einen Teil des Rotöles gelöst enthält.

Verhalten gegen Salzlösungen[1]): Rotöle, die als Ölbeize in der Altrotfärberei dienen, müssen in Lösungen von Pottasche oder Soda von 6° Bé klar löslich sein, solche für Mercerisation dürfen auch durch 30° Bé starke Lösungen noch nicht ausgesalzen werden. Appretur-Rotöle sollen mit etwa 10%iger Magnesiumchloridlösung keine schmierigen Seifen bilden. Das Magnesiumsalz der Sulforizinolsäure ist nach Pommeranz[7]) wasserlöslich, das Kalziumsalz nicht; dieses bildet feine verteilte Emulsionen, die sich erst nach längerer Zeit trennen. Hierauf ist die landläufige irrige Meinung zurückzuführen, daß sich Türkischrotölseifen (s. u.) ohne Niederschläge im Gegensatz zu gewöhnlichen Seifen (s. d.) in harten Wässern lösen. Für Öle zur Färbung in sauren Farbbädern ist Beständigkeit der Rotöle gegen Essigsäure (etwa 1,5‰) und Kalziumazetat und gegen Schwefelsäure (etwa 2‰) und Natriumsulfat (0,5‰) nötig, mindestens dürfen nicht flockigklebrige Niederschläge gebildet werden. Als Netzmittel sollen Rotöllösungen möglichst beständig gegen Koch- und Glaubersalzlösungen sein. Für Aluminatrotbeize ist Beständigkeit einer 10% Gesamtfett enthaltenden Lösung gegen ⅓—¼ ihres Volumens an Natriumaluminatlösung (20° Bé) erforderlich, gegebenenfalls der erst neutralisierten Rotöllösung.

Verhalten gegen Säuren und Alkalien: Durch Kochen mit Säuren werden die sulfurierten Fettsäuren und Glyzeride leicht gespalten in die entsprechenden Oxyfettsäuren und Schwefelsäure[8]). Durch Kochen mit Alkali, auch in alkoholischer Lösung wird die Spaltung nur teilweise bewirkt. Die mit Säure behandelten Polyrizinolsäuren gehen schwerer als die durch alkalische Verseifung erhaltenen in Monosäuren zurück[9]).

Untersuchung und Prüfung[1])[2])[10]): Bestimmung des Gesamtfettgehaltes:

a) 3—5 g Öl werden in 20 cc Wasser gelöst und gegebenenfalls mit Ammoniak geklärt, dann mit 30 cc Schwefelsäure (25%ig) zersetzt und mit 6—8 g (genau gewogener) Stearinsäure oder Hartparaffin gekocht. Nach Erkalten und Abgießen des Wassers wird die Fettmischung mit Wasser umgeschmolzen und nach Erkalten und Waschen vorsichtig zur Entfernung des Wassers geschmolzen und gewogen. Die Gewichtsvermehrung der Stearinsäure bzw. des Paraffins gibt die Menge des Gesamtfettes.

b) Methode von Herbig[8]). 10 g Öl mit 50 cc Wasser und 25 cc Salzsäure (spez. Gew. 1,125); 3—5 min Kochen; nach Erkalten mit 200 cc Äther ausschütteln, dreimal die Ätherschicht mit je 15 cc Wasser waschen. Abdampfen des Äthers. In den Waschwässern und dem wäßrigen Reaktionsteil kann in gewohnter Weise die Schwefelsäure bestimmt werden (Gesamtschwefelsäure). Die an Alkali (Ammoniak) gebundene Schwefelsäure wird durch mehrfaches Aufschütteln des in Benzol oder Xylol gelösten Öles mit konz. Chlornatriumlösung dem Öl entzogen und nach Filtration der Waschsalzlösungen wie gewöhnlich bestimmt. Der Gehalt an Rhizinolsulfosäure ergibt sich aus der Differenz der Gesamtschwefelsäure minus der alkaligebundenen (beide als H_2SO_4 berechnet) durch Multiplikation mit 4,725. Dies gibt annähernd auch den Gehalt an Sulfosäuren, wenn ein anderes als Rizinus-Türkischrotöl vorliegt.

Die Art des Öles kann durch Bestimmung der Jod- und Azetylzahl des isolierten Gesamtfettes ermittelt werden, bei Isolierung nach a ist bei Berechnung der Stearinsäure- bzw. Paraffingehalt zu berücksichtigen. Ist die Jodzahl nicht wesentlich unter 70 und die Azetylzahl über 140 (125 s. „Chemische Zusammensetzung"), so liegt reines Rizinustürkischrotöl vor, andernfalls solches mit sulfurierten anderen Ölen (s. „Ersatz") oder letztere allein.

Neutralfett kann durch Ausschütteln von einer Mischung von 30 g Öl, 50 cc Wasser, 20 cc Ammoniak und 30 cc Glyzerin mit Äther dem Öl entzogen werden. An Fettsäure gebundenes Alkali kann wie bei Seifen (s. d.) bestimmt werden. Gewöhnliche Handelsanalyse wird meistens nur die Gesamtfettmenge und die Art des Öles umfassen, sowie Löslichkeitsbestim-

mung (s. o.) und Verhalten gegen Salzlösungen (s. o.) je nach Verwendungszweck.

Probefärbungen geben nur bei geübten Analytikern brauchbare Resultate.

Anwendung: Hauptsächlich als Beize in der Rotfärberei besonders der Baumwolle, in der Zeugdruckerei und Baumwollappretur. Für Appreturen kommen vor allem Ammoniakrotöle in Frage. In der Wollwalkerei, besonders für saure Walken und als Farbbadzusatz in der Woll- und Seidenfärberei, zum Entbasten von Seide, auch als Nachbeize, zum Weich- und Griffigmachen. Als Netzbad zur leichteren Einwirkung von Farbbädern, zum Avivieren. Eine besondere Anwendung liegt in der Lösungsmöglichkeit schwer löslicher Farbstoffe und solcher Mischungen, die sich, sonst gegenseitig stören bzw. ausfällen (z. B. Metanilgelb und Rhodamin[11]). Eine bedeutende Rolle spielten die Türkischrotöle auch in der Herstellung wasserlöslicher Öle, durch ihre Emulsionsfähigkeit für Mineralöl u. ähnl. die als Bohröle, Kühlöle, auch als Fußbodenöle (Glätten von Linoleum usw.) Verwendung fanden.

Handelssorten: Türkischrotöle kommen unter allerlei Phantasienamen in den Handel. Billige Netzöle als Solvine, flüssige Vegtaseife, Okoton (Fränkel & Runge, Berlin) Fankhausine enthält außer Rotöl noch Gerbstoff[1]). Gemische von Rotölen und Ölsäure kommen als Walköle vor. Zur Nachbehandlung gefärbter Waren dienen die sog. Avivieröle (Avirole mit 35—45% Fettgehalt). Genannt seien noch die Monopolöle[12]), Monosolvol, Universalöle der Firma Schmitz (Hardt) mit etwa 75% Fettgehalt, die Türkonöle von Buch und Landauer, Berlin, mit 55—70% Fettgehalt[22]). Ein besonderes Produkt ist die Monopolseife[13]) der Firma Stockhausen & Cie., Krefeld, die eine gallert-seifenartige Beschaffenheit hat und sich durch höhere Sulfurierung von den gewöhnlichen Rotölen auszeichnet. Die Sulfofettsäuren sind in ihr völlig, die übrigen zu ¼—½ an Natron gebunden. Gesamtfettgehalt 75 bis 80%[14]). Sie kann für viele Zwecke mit Vorteil statt der Rotöle verwendet werden, z. B. in der Rotdruckerei. Sie vermag nicht nur die Fällung anderer Seifen durch hartes Wasser aufzuhalten, sondern auch trübe Seifenwässer zu klären. Ein ähnliches Präparat ist die Isoseife[15]) (Blumer, Zwickau).

Von den zahlreiche Lösungsmittel enthaltenden Präparaten ist als erstes das Tetrapol[16]) zu nennen, eine Tetrachlorkohlenstoff (12—16%) enthaltende, 30 bis 45% Fettgehalt aufweisende Monopolseife[17]), die zum Waschen von Wolle, zum Entgerben des Lodens, zur Wäschereinigung u. a. m. dient.

Andere ähnliche Produkte sind: Terpin, Terpentinöl enthaltend, Benzapol, Benzol enthaltend, Usol, Unisol, Universol, (Simon & Dürkheim, Offenbach). Eine ausführliche Schilderung dieser und ähnlicher Präparate findet sich in dem Werk von Erban[1]). Über analytische Unterscheidung von Monopolseife, Türkonölen u. gewöhnliches Rizinusöl, s. Herbig[18]).

Handelsbrauch ist vielfach, die Türkischrotöle nach Prozenten zu verkaufen. Diese Bezeichnung ist insofern nicht ganz einwandfrei, als bisweilen unter Prozentgehalt nur der Anteil an sulfuriertem Fett, bisweilen der an Gesamtfett verstanden wird. Letzteres ist wohl jetzt allgemein üblich, hierfür treten u. a. auch Herbig[19]), Fahrion und andere ein, nachdem festgestellt ist, daß die sulfurierten Fettsäuren durchaus nicht die wesentlichsten Bestandteile der Rotöle ausmachen.

Ersatzmittel für Türkischrotöle sind saure Rizinusseifen, Paraseife (= saure Rizinus-Ammonseife), ähnliche Produkte sind: Paranaphtolin, Paraöl, Alsatin. Parasäuren sind reine Rizinusfettsäuren, die nach Bedarf mehr oder weniger zum Gebrauch neutralisiert werden müssen. Die Rizinusfettsäuren haben vor anderen den Vorzug, daß sie auch bei ¼ Neutralisation noch löslich sind. Ferner kommen als Ersatz in Betracht sulfurierte Öle, außer Rizinusöl: Besonders Olivenöl, das auch jetzt gern mit Rizinusöl zusammen in der Seidenfärberei benutzt wird. Es verträgt nur niedrige Sulfurierung (bis 20% Schwefelsäure). Auch Baumwollsaatöl, das etwa ⅛ an H_2SO_4 gebraucht. Rüböle und Trane geben nur dunkle minderwertige Waren. Während des Krieges hat man versucht, auch Rizinusfettsäuren zu sulfurieren, um das Glyzerin des verseiften Öles für die Sprengstoffabrikation nutzbar zu machen. Diese Produkte bespricht ausführlich Erban[20]), der ihnen aber weder die gleiche Emulgierfähigkeit, noch die gleich guten färberischen Eigenschaften wie den eigentlichen Rotölen zuschreibt. Die letzteren bedürfen offenbar auch eines gewissen Neutralfettgehaltes. Auch Oxyölsäuren, durch Erhitzen von sulfurierten Ölen, auf 110—120° gewonnen werden in den Handel gebracht (Schmitz & Tanges)[21]). Weiter sind auch saure Seifen, besonders solche der Ölsäure, und zwar Ammoniakseifen, zur Emulgierung statt Türkischrotöl in manchen Fällen verwendbar. Auch sie weisen für Mineralöl u. dgl. eine Emulsionsfähigkeit auf, die

aber der der eigentlichen Rotöle bedeutend nachsteht.

Statistische Angaben sind nicht zu erhalten, da Türkischrotöle mit anderen Produkten (Schmierseifen usw.) zusammen aufgeführt werden.

Die *Preise* schwanken nach dem Fettgehalt und dem jeweiligen Ölpreis. Vor dem Kriege betrug für 50%ige Ware der Preis etwa 50—60, für 80%ige Ware etwa 70 bis 85 M.

Literatur:

1. Erban, Die Anwendung der Fettstoffe usw. in der Textilindustrie (Halle 1911).
2. Ubbelohde, Handbuch der Chemie der Öle usw., Bd. I, Leipzig 1908. Hefter, Technologie der Öle u. Fette, Bd. III. Benedikt-Ulzer, Analyse der Öle, Fette u. Wachse, Berlin 1908. Lewkowitsch, Chemische Technologie der Öle usw. Braunschweig 1905.
3. Jouillard, nach Lehnes Färberztg. **1891/92,** 241ff. und Bull. Soc. Chim. **1894,** 250. Tschilikin, Lehnes Färberztg. **1914,** 419. Fahrion, Seifenfabrikant **1915,** 365ff.; Z. angew. Ch. **1914,** 596; Chem. Ztg. **1913,** 1372.
4. Wilson, J. Soc. Chem. Ind. **1891,** 26 (Lehnes Färberztg. **1891/92,** 283).
5. Herbig, Seifensiederztg. **1915,** 186.
6. Kobert, Kollegium **1916,** 261, 305.
7. Pommeranz, Monatsschr. Text. Ind. **1916,** 33.
8. Herbig, Chem. Umschau üb. d. Fett- u. Harzind. **1906,** 243.
9. Fahrion, Chem. Ztg. **1913,** 1372.
10. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstoffole u. Fette (Berlin 1918).
11. Nottbrack, Chem. Ztg. 1 08, 100.
12. Buntrocks Zeitschr. für Farbenind. 105, Heft 33, 1906, Heft 15, 16, 19, 1907, Heft 19, 20.
13. DRP. 113 433, 113 433.
14. Wimmer, Leipzig, Monatsschr. Text. Ind. **1907,** 92 über Anwendung s. a. Lange, Lehnes Färberztg. **1904,** Heft 14 u. 15, ebenda **1903,** 776, **1905,** 15, **1910,** 736.
15. DRP. 227 993; Anwendung s. Arnold, Weigels Färberztg. **1909,** 379; s. a. Chem. Ztg. **1910,** 568.
16. DRP. 169930, 113433. Über Anwendung siehe Krüger, Leipzig, Monat. schr. Text. Ind. **1909,** 21, Chem. Ztg. **1908,** 935, (Lehnes Färberztg. **1907,** 289).
17. Bein, Seifensiederztg. **1907,** 1110. Fendler u. Frank, Deutsche Färberztg. **1911,** 529.
18. Herbig, Lehnes Färberztg. **1914,** Heft 9 u. 10.
19. Herbig, Chem. Rev. über die Fett- u. Harzind. **1906,** 187; Färberztg. **1915,** 148; Welwart, ebenda **1915,** 132.
20. Erban, Seifenfabrikant **1915,** 205, 477, 519; Lehnes Färberztg. **1915,** 186.
21. DRP. 60 579 u. 64 073.
22. Schönherr, Z. g. Text. Ind. **1914,** 745 (Anwendbarkeit).

G. Schmelzöle : (Schmälzöle, Spicköle, Spinnöle); engl.: wool oder cloth oils; franz.: huiles d'ensimage.

Diese Öle, bestimmt zur Einfettung der Wolle in der Spinnerei, müssen hauptsächlich folgenden Anforderungen genügen:

1. Sie müssen gut einfetten.
2. Sie müssen sich leicht, ohne Anwendung kaustischer Alkalien auswaschen lassen.
3. Sie dürfen sich auf der Wolle nicht stark erhitzen.
4. Sie müssen frei von Stoffen sein, die die Spinnapparate angreifen
5. Sie dürfen beim Lagern nicht verharzen.

In der Kälte dürfen Schmelzöle keine Ausscheidungen aufweisen. Beim Auswaschen sollen nicht zu hohe Temperaturen erforderlich sein (möglichst unter 50°), um Schädigungen der Wolle zu vermeiden.

Die besten Schmelzöle sind verseifbare Öle, mit Ausnahme der trocknenden (Leinöl u. ähnl.), die durch ihre ungesättigten Fettsäuren und der durch sie hervorgerufenen Neigung zur Oxydation Schädigung des Fadens zur Folge haben würden, unter ungünstigen Verhältnissen sogar Verkohlung oder Selbstentzündung bewirken (s. Prüfung). Auch halbtrocknende Öle (z. B. Baumwollsaatöl) sind wenig zu empfehlen.

Die besten verseifbaren Schmelzöle sind: Olivenöl, Specköl, Talgöl, Olein (Ölsäure), Erdnußöl, auch Sesam- und Rüböl; ferner reinere Walkfette mit niedrigen Jodzahlen (bis 65/68). Die Öle sollen nicht zu viel freie Fettsäuren enthalten, da diese die Apparatur schädigen können. Olein, neben Olivenöl das geschätzteste Schmelzöl, wird aus diesem Grunde auch zum überwiegenden Teile mit Ammoniak neutralisiert (z. B. auf 10 T. Olein etwa 0,5—0,8 Ammoniak und 15 T. Wasser.

Olein zu Schmelzölen soll erst über 8° erstarren.

Zusatz von Seifen, Alkalikarbonat, Ammoniak erleichtert das Auswaschen, darf aber nur gering sein, da sonst die Faser leicht verschmiert und die Spinnerei erschwert wird. Zweckmäßig sind aber Zusätze von Türkischrotöl und ähnl. sulfurierten Produkten, bzw. Emulsionen mit sulfurierten Ölen, die das Auswaschen befördern ohne ein Schmieren befürchten zu lassen. Nach v. Kapff[2]) sind niedrig sulfurierte Rotöle besser geeignet, als die gewöhnlichen zur Färberei benützten.

Mineralölzusätze werden verschieden beurteilt. Früher waren sie durchaus verpönt wegen ihrer schweren Auswaschbarkeit[3]). Heute dürften ihrer Anwendung weniger Hindernisse im Wege stehen, da wir in den Mineralöl lösenden Seifen, insbesondere des

sulfurierten Rizinusöles (s. Türkischrotöl, Monopolseife, Tetrapol und ähnl.) Mittel besitzen, um Mineralöle leicht und sicher zu entfernen. Bedingung ist allerdings ein entsprechend hoher Flammpunkt (mindestens etwa 195° C). Derartige Mineralöle setzen sogar die spontane Erwärmung verseifbarer Öle herab. Der Mangel Mineralöl enthaltender Mischungen besteht wesentlich in der Notwendigkeit, bestimmte Wascharten anzuwenden, die bei den verseifbaren Ölen fortfällt, da diese sich sowohl mit Seife, wie mit Karbonaten und Ammoniak gut entfernen lassen.

Gegen sog. wasserlösliche Mineralöle (s. I, 12 u. II, F.) dürfte im allgemeinen wenig einzuwenden sein.

Ölemulsionen mit Verdickungsmitteln, wie Traganth, Pflanzenschleim, Dextrin, wie man sie für Appreturzwecke verwendet, sind als Schmelzöl zu verwerfen wegen ihrer schmierenden und klebenden Eigenschaften. Unter verschiedenen Phantasienamen (z. B. Sapaline) sind auch Mischungen von Mineralölen mit verdicktem Rüböl in den Handel gekommen[5]). Zur Herstellung von haltbaren Ölemulsionen für die Schmelze ist auch ein Gemisch von Säureamiden und Aniliden empfohlen worden (Hansawerke Hemelingen)[4]), das mit Wasser aufgequollen und dann durch Verkochen mit 10—30% Öl zu monatelang haltbaren Emulsionen verarbeitet werden kann.

Prüfung: Die Prüfung erstreckt sich auf die eingangs erwähnten 4 Haupterfordernisse. Bei der Beurteilung der Einfettbarkeit wird man auf leichte Benetzung der Faser zu achten haben. Die Auswaschbarkeit wird durch Einfettung gewogener, vorher entfetteter Wolle und Waschversuche mit Seifen-, Soda- und Ammoniaklösungen bei 40—50° ermittelt, indem man verschieden lange gewaschene Wolle zurückwägt und die Gewichtszunahme = Fett setzt oder mit Fettlösungsmitteln behandelt und das zurückgehaltene, nun extrahierte Öl zur Wägung bringt.

Zur Bestimmung der spontanen Erhitzung und der durch sie bewirkten Schädigung und Brandgefahr sind verschiedene Vorschläge gemacht worden. Besonders hervorzuheben ist: Mackeys Methode[6]). Sie liefert, genau nach Vorschrift ausgeführt, gute Vergleichswerte. Als Muster ungefährlicher Öle kann Olivenöl, als Beispiel gefährlicher Baumwollsaatöl vor dem Versuch geprüft werden.

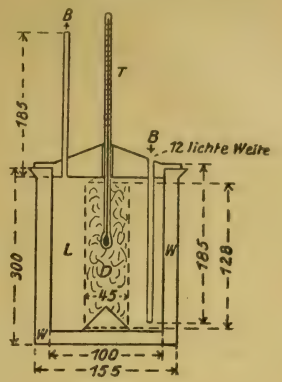


Abb. 7.

Apparat: W ist das äußere, als Wasserbad dienende, Gefäß, L das innere, als Luftbad dienende; auf einem in der Mitte von L angebrachten Kegel steht ein Drahtnetzzylinder (D). Der Apparat ist mit einem Deckel (A) verschließbar, der mit Luftzu- und -abfuhrrohr (B) versehen ist und eine Öffnung für das Thermometer (T) hat.

Ausführung. In D werden 7 g fein zerzupfte, in einer Porzellanschale mit 14 g Öl gleichmäßig durchtränkte Wolle eingebracht. Der Deckel wird aufgesetzt und das Thermometer so angebracht, daß sein Gefäß ganz von der Wolle umgeben ist. Nun wird unter Durchleiten trockener Luft durch L das schon vor Einbringen der geölten Wolle zum Sieden erhitzte Wasser 1 Stunde lang lebhaft siedend erhalten und die Temperatur von Zeit zu Zeit abgelesen.

Öle, die nach 1 Stunde Temperaturen über 100° ergeben, sind als gefährlich zu bezeichnen. Sehr gefährliche geben schon nach 45 Min. 200°. (Dann ist das Thermometer rasch zu entfernen, da die geölte Wolle sich leicht entzündet).

Mackey fand:

Öl	Temperatur nach 1 Stunde	1 St. 15 Min.	1 St. 30 Min.
Baumwollsaatöle	112—139°	177—242°	194—282°
Olivenöle	97—99°	100—102°	101—104°
Oleine	98—103°	99—115°	100—102° (eins 191)
50% Baumwollsaat + 50 Olivenöl	102°	117°	—
25% „ + 75 „	99°	105°	112°
10% „ + 90 „	99°	102°	105°

Eine andere Methode ist die von Dennstedt (s. Chemie in der Rechtspflege Leipzig, 1910 S. 207).

Beispiele von Schmelzmitteln des Handels.

Schmelzmittel, Köster, Leipziger Monatsschrift f. Textilind. 1906, 363. (Nach Hefter III 46 .)

Handelsmarke	Erzeuger	Preis für 100 kg	Wass.	NH_3	fctts. Na	fctts. NH_3	freie Ölsäure	Neutralfett
Wollschmelzöl	L. Blumer, Zwickau	25	80,82	—	3,50	—	0,43	12,5
Filatoleum konz.	,,	50	38,68	—	6,27	—	9,75	45,3
,, A	,,	32	67,15	—	5,81	—	8,87	18,0
Werdauer Elfenbeinschmelze	W. Schön Nachf. Werdau	32,50	65,74	—	3,55	—	—	25,2
Aixolein	H. Klokle, Aachen	30	87,73	0,32	—	5,61	3,89	1,9
,,, konz.	Ölraffinerie Neuß	35	79,93	—	5,88	—	2,60	9,9
Oleinemulsat	F. Krimmelbein Nachf., Leipzig	19	93,59	0,15	—	2,63	1,80	0,85
Schmelzöl S.S.	W. Städting Nachf., Leipzig-Lindenau	38	80,60	—	7,96	—	2,82	6,6
,, F.F.		55	48,15	0,885	15,81	15,58	18,91	0,25
Prima Wollschmelze M		20	85,17	0,36	—	6,28	1,36	0,70
Prima Wollschmelze K		24	75,17	0,62	—	10,87	3,75	1,0
Karbidöl B.H.	L. E. Heydenreich, Leipzig-Lindenau	45	57,20	0,70	—	4,99	9,91	3,1
Spinnöl, Saponif.	Hennes, Gummersbach	61	20,80	1,0	—	17,53	51,85	5,5
Monopolseifenschmelze	Stockhausen & Cie, Krefeld	50	46,10	0,124	4,74	2,17	19,21	16,6

Ansätze für Wollschmelzöle in der Vigognespinnerei. Seifenfabr. 1901, 1034. (Hefter III, 46.)

	I	II	III	IV	V	VI
Olivenöl	75	130	—	280	—	—
Sesamöl	—	30—40	—	—	—	280
Erdnußöl	—	120	90	—	280	—
Kottonöl	—	10—20	5—10	10—20	10—20	10—20
Schweinefett	120	100	120	—	—	—
Talg	300	—	285	—	—	—
Wasser	464	549	460	549	549	549
Natronlauge 25° Bé	32	—	33	—	—	—
Sodalösung 25° Bé	—	22	—	12	12	12
Pottaschelsg. 25° Bé	9	19	8	29	29	29
	1000 kg					

Literatur:

Hefter, Technologie der Fette und Öle, Bd. III Berlin 1909. Erban, Anwendung der Fette u. Fettpräparate in der Textilindustrie; s. a. Bottler, Z. Text. Ind. **1913**, 306, 329.
1. Herbig, Lehnes Färberztg. **1907**, 285; Walther, ebenda **1890/91**, 240.
2. v. Kapff u. Munsdorff, Lpz. Monatsschr. f. Text. Ind. **1907**, 56.
3. s. a. Spinnrath, Lehnes Färberztg. **1892/93**, 99.
4. v. Kapff, Leipz. Textilztg. **1907**, 56.
5. s. Seifensiederztg. **1912**, 985, 1009.
6. Mackey, J. Soc. Chem. Ind. **1896**, 90; s. a. Kißling u. Lippert, Z. angew. Ch. **1895**, 44; **1897**, 435. Wright, Wagners Jahresber. **1908**, 350.

H. Gehärtete Öle (Fette).

Gewinnung: Unter „gehärteten Fetten" werden die durch Hydrierung (Wasserstoffanlagerung) flüssiger Öle erhaltenen festen Produkte verstanden. Die Wasserstoffanlagerung an die Glyzeride der unge-

sättigten Fettsäuren erfolgt bei über 100° in Gegenwart von Katalysatoren, besonders von Nickel[1]), dessen Oxyden[2]) und Salzen[3]). Bei den Nickelverbindungen tritt höchstwahrscheinlich zuerst die Bildung elementaren Nickels ein[5]). Auch Palladium ist als Katalysator geeignet[4]).

Chemische Zusammensetzung: Je nach dem Ausgangsmaterial und dem Grade der „Härtung" sehr verschieden. Gehärtete Trane enthalten Arachin- und Behensäure, ebenso gehärtetes Erdnußöl; Rüböl zeigt einen erhöhten Gehalt an Erukasäure. Neben den durch die Hydrierung entstandenen gesättigten Säuren sind aber noch ungesättigte, sogar mehrfach ungesättigte nachzuweisen. Meist sind Spuren Nickel zu finden[6]) (höchstens 6 mg in 1 kg Fett). Über die unverseifbaren Stoffe der geh. Fette s. Marcusson u. Meyerheim[13]).

Die *Eigenschaften* hängen von dem Grad der Härtung ab (s. „Sorten" und „Verwendung").

Die *Löslichkeit* ist die gewöhnliche der Fette, nur bei Rizinusöl ist die Löslichkeit in Alkohol herabgesetzt[7]).

Prüfung[8]): Die gehärteten Fette werden nach Schmp. und Jodzahl gehandelt. Außer diesen Daten kann die Bestimmung des Erstarrp. der Fettsäuren wichtig werden. Wegen der Veränderung der Kennzahlen ist die Ermittlung des Ausgangsmaterials oft schwierig. Die Farbenreaktionen auf Baumwollsaatöl verschwinden bei der Härtung, nicht aber die auf Tran von Tortelli u. Jaffé (s. Tran) und die auf Sesamöl (s. d.).

Verwendung: Die Hauptverwendung finden gehärtete Fette in der Seifenindustrie. (Der Verbrauch soll 10% des Gesamt-Fettverbrauchs betragen.) Von einigen Seiten wird schwere Verseifbarkeit und geringe Glyzerinausbeute gerügt, von anderen dies bestritten[9]). Fest steht die geringe Schaumkraft der meisten nur aus gehärteten Fetten hergestellten Seifen[9]); darum werden auch gehärtete Fette stets mit anderen (Talg, Kokosfett usw.) zusammen verarbeitet. Gehärtete Fette aus Tranen bekommen leicht einen unangenehmen Geruch, der sich durch Alkaliüberschuß oder Parfümierung vermeiden bzw. verdecken läßt. In der Stearinfabrikation bzw. Kerzenindustrie ist der Verbrauch bisher gering gewesen z.T. wegen der Preisverhältnisse. Gegen die Verwendung als Nahrungsmittel (Margarineherstellung) läßt sich kaum etwas einwenden, jedenfalls kann die Unschädlichkeit der Spuren Nickel als erwiesen gelten[10]). Als Lederfette (Oberleder, Treibriemen) haben sich die gehärteten Fette bewährt, nicht aber als Schmiermittel[11]). Gehärtetes Rizinusöl soll in der Elektrizitätsindustrie verwendet werden[7]).

Sorten: Die bekannteren Sorten sind Talgol, Candelite, Krutolin (dieses „halbgehärtet" als Ersatz für Baumwollsaatöl) aus Tran, Coryptol (aus Rizinusöl), Linolith (aus Leinöl), Durutol (vermutlich aus Kokosöl).

	Talgol	Talgol extra	Candelite	Candelite extra	Coryptol	Durutol
Schmp.	35—40°	42—48°	48—50°	52—55°	79—81°	46°
Schmp. der Fettsäuren	34,5—38	45,5	48,5	51—54	75	—
Erstarrp. der Fettsäuren	34 —36	43,5	47,5	50—51	68	—
Säurezahl	3,5	3,5—3,8	3,2—3,8	3,9—4,4	3,3	1—1,5
Verseifungszahl	190/191	190/191,5	190/191	188,5/191	190	161—162 (?)
Jodzahl	61—64	35—40	18	4—10,4	18,5	3,9—4,2

Bei Linolith und Linolith extra wurden die Schmp. zu 45° bzw. 55° gefunden.

Bezugsquellen, Fabrikanten: Germania-Ölwerke, Emmerich; Bremen-Besigheimer Ölwerke; Fettraffinerie A.-G. Brake, Oldenburg; Chem. Werke Oranienburg b. Berlin.

Preise (1913): Talgol und Candelite 70—75 M. Krutolin 66,5—67,5 M. für 100 kg.

Literatur:

Fahrion, Die Härtung der Fette, Braunschweig 1915, enthält alles Wissenswerte über diese Stoffe.

1. DRP 141 029.
2. DRP 292 649.
3. DRP 211 669, 260 009.
4. DRP 230 488.
5. Über diese heftig umstrittene Frage (s. Fahrion) Normann (Ölwerke Germania), Seifensiederztg. **40**, 1380; **41**, 207, 645; **42**, 46. Chem. Ztg. **1915**, 39; **1916**, 381, 757; Seifensiederztg. **1916**, 804; Erdmann, Seifensiederztg. **40**, 605, 1325; **41**, 32, 740; **42**, 3, 75, 239, 288. Bernhard u. Fischer, Z. angew. Ch. **1915 I**, 365. Meigen u. Bartels, J. prakt. Ch. **1913**, 290, **1915**, 390. Siegmund u. Suida, ebenda **1915**, 442. Bergius, Z. angew. Ch. **27 I**, 322, 513, 523.
6. Nachweis von Ni: Kerr, Chem. Ztg. **38**, Rep. 519. Brunek, Z. angew. Ch. **1914 I**, 315. Prall, ebenda **1915 I**, 40.
7. Auerbach, Chem. Ztg. **37**, 297.

8. S. a. Grimme, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1913,** 129. Normann u. Hugel, Chem. Ztg. **1913,** 815.
9. Hauser, Seifensiederztg. **1913,** 141, ungenannt ebenda **1912,** 720; Seifenfabrikant **1913,** 925. Görth, Seifensiederztg. **1913,** 231.
10. S. Offenbach, Z. angew. Ch. **1914, III,** 4. Keutgen, Seifensiederztg. **41,** 89. Lehmann, Chem. Ztg. **38,** 748. Thoms u. Müller, Arch. f. Hygiene **1915,** 54. Rühle, Z. angew. Ch. **1915 I,** 400.
11. Fahrion, Z. angew. Ch. **1914 I,** 284.
12. Nach Analysen v. Heller, Seifenfabr. **1912,** Nr. 31. Davidsohn, Seifensiederztg. **1913,** 529. Mellana, Seifensiederztg. **1914,** 930. Aufrecht, Pharm. Ztg. **1912,** 876. S. a. Bömer, Ztschr. f. Unters. der Nahr.- u. Genußmittel **1912,** 104. Görth, Seifensiederztg. **1912,** 1310. Grimme, Chem. Rev. üb. d. Fett- u. Harzind. **1913,** 155. Sandelin, Chem. Ztg. **1914,** Rep. 321. Lehmann, ebenda 798. Über Brechungsindex der gehärteten Fette Ellis, Seifensiederztg. **1914,** 262. Über konstante Differenz des Brechungsindex des Fettes u. der Fettsäuren bei natürl. u. gehärteten Tranen (Diff. = 0,010) s. Lund, Seifensiederztg. **1914,** 414.
13. Z. angew. Ch. **1914 I,** 201.

H. Wolff.

Fettkalk s. Steine V, A, 5, a.
Fettkohle s. Brennstoffe 1.
Fettpech s. Fette II, E, 4.
Fettsäuren s. Fette II, E.
Feuchtigkeit s. Wasser II.
Feuer, als Desinfektionsmittel s. d. 1.
Feuer, bengalische s. Sprengstoffe VI, b, *a*.
Feuerfeste Steine s. Steine IV, 5.
Feuerstein s. Steine I, 7.
Feuerwerkstoffe s. Sprengstoffe VI.
Fibroin s. Textilien unter Seide.
Fibrola s. Steine V, F.
Fichte s. Holz VII.
Fichtenöl s. Harze C.
Fichtenrinde s. Gerbstoffe 2.
Filatoleum s. Fette II, G.
Filit s. Sprengstoffe V, 4.
Filme s. Photogr. Materialien A.
Filoxeum s. Steine V, M.
Filze s. Textilien A, III, a, 1.
Filzputz s. Steine V, L.

Firnisse, Lacke und Trockenstoffe (Sikkative).

Eine Definition der Begriffe Firnis und Lack, die sich zum Teil überdecken, läßt sich etwa folgendermaßen geben: Firnisse und Lacke sind Flüssigkeiten, die in dünner Schicht auf Gegenstände aufgetragen, zu zusammenhängenden, festhaftenden, elastischen oder harten Schichten eintrocknen, die den Gegenständen ein verändertes Aussehen geben oder sie vor äußeren, mechanischen oder chemischen Einflüssen schützen oder beide Zwecke gleichzeitig erfüllen. Die Eintrocknung erfolgt durch Verdunstung eines oder mehrerer Bestandteile der Firnisse oder Lacke, durch chemische Veränderung (Oxydation) oder durch beide Vorgänge neben- oder nacheinander.

Einteilung: Man kann 3 große Gruppen unterscheiden: I. Ölfirnisse, d. s. wesentlich nur aus chemisch veränderten, mit „Trokkenstoffen" versetzten Ölen bestehende Präparate.

II. Öllacke, d. s. wesentlich Lösungen von Harzen in Ölen, die außerdem „Trockenstoffe" und „Verdünnungsmittel" enthalten.

III. Flüchtige Lacke, d. s. wesentlich Lösungen von Harzen u. a. m. in flüchtigen Lösungsmitteln.

Zunächst sollen die für Gruppe I und II gleich bedeutsamen „Trockenstoffe" behandelt werden:

1. Trockenstoffe (Sikkative), engl.: drier, siccative; franz.: siccatif.

Hierunter versteht man die Trocknung (Oxydation) der „trocknenden Öle" katalytisch beschleunigende Metallverbindungen. Es kommen in Betracht:

a) Oxyde und Hydroxyde des Bleis, Mangans und Kobalts (Zinks),

b) Superoxyde: Mennige und Braunstein,

c) Borate (Blei und Mangan), Karbonate (Mangan) und Azetate: Mangan und Kobalt,

d) fettsaure Salze von Blei, Mangan und Kobalt, besonders leinölsaure („Linoleate") (auch perillaölsaure, holzölsaure kommen vor) und harzsaure Salze der gleichen Metalle („Resinate"),

e) Flüssige Sikkative: Auflösungen von Metallresinaten und -linoleaten in Terpentinöl, Benzin u. ähnl. oder in Leinöl. Derartige Lösungen (meist 1 : 2 bis 1 : 3 Lösungsmittel) werden u. a. auch als Sikkativextrakte, Terebine, Terebineextrakte bezeichnet.

Die Wirksamkeit der Sikkative, d. h. die Beschleunigung der Trockenzeit, hängt wesentlich nur vom Metallgehalt ab. Beobachtungen, wie die von Weger[1]) oder Genthe[2]), daß Linoleate besser wirken, als z. B. Resinate, sind unsicher. Ihnen stehen andere gegenüber, die z. B. den Resinaten den Vorzug geben[3]).

Das Optimum der Wirksamkeit liegt beim Mangan etwa bei einem Metallgehalt von 0,25%, beim Blei bei 0,6%, bei Mn + Pb bei 0,5 Pb + 0,1 Mn, beim Kobalt etwa bei 0,1%[4]). Blei- und Manganüberschüsse sind wertlos, geben leicht zu

Trübungen Anlaß und benachteiligen nach Tauber[5]) bisweilen Härte und Widerstandsfähigkeit der Firnisse. Am besten wirkt Pb + Mn oder diese mit einem geringen Kalkzusatz[6]). Der Vorteil der unter d (und e) genannten Sikkative ist die leichte Löslichkeit bei niedriger Temperatur, wodurch eine zu große Verfärbung der Firnisse vermieden werden kann. Besonders helle Firnisse können mit Kobaltverbindungen hergestellt werden; diese heben durch ihren Farbenumschlag in blau-grün die rötlich-gelbe Färbung des Öles auf[7]). Außerdem tritt ein geringeres Nachgilben ein, als bei Mangan und Blei.

Über Metallgehalt, äußere handelsübliche Beschaffenheit der Sikkative und die Temperatur, bei der ein guter Firnis erzielt wird, gibt folgende Tabelle Auskunft[8]):

Trockenstoff	Metallgehalt %	äußere Beschaffenheit	Temperatur Grad
Braunstein	30—60	pulvrig, braunschwarz	etwa 250
Manganoxyd- u. -superoxydhydrat	45—50	pulvrig, braunschwarz	200—220
Bleioxyd	90—93	pulvrig, gelb bis rötlichgelb	etwa 100—150
Mennige	etwa 91	pulvrig, rot	etwa 150—200
Manganazetat	etwa 22	rosa, kristall. oder wasserfrei, dann fast weiß	etwa 80
Manganborat	5—20	weißes Pulver	etwa 150
Mangankarbonat	41—42	hellbraun, pulvrig	etwa 200—150
Leinölsaures Mangan	9—10	gelbe Stücke	70—100
Holzölsaures Mangan	9—10	lehmfarbige, zerreibliche Masse	100—150
Harzsaures Mangan gefällt	5—7	weißliches Pulver	100—150
geschmolzen	2—5	dunkle Stücke	100—180
Bleiborat	—	weißes Pulver	etwa 100
Leinölsaures Blei	etwa 25	gelbe Stücke	etwa 100
Harzsaures Blei	etwa 25	geschmolzen: dunkle Stücke, gefällt: helles gelbliches Pulver	130—150
Kobaltazetat	25—27	rote Kristalle oder rosa Pulver	150—170
Kobaltresinat	3—6	dunkle Stücke oder hellbraun-rötliches Pulver	90—130
Leinölsaures Kobalt	3—6	rötliches Pulver oder dunkle Stücke	80—120
Kobaltoxyde	60—63	dunkel schwarzbraunes Pulver	etwa 250

Prüfung: Die anorganischen Sikkative werden nach den üblichen Methoden untersucht. Organische Verbindungen werden mit Äther und Salzsäure geschüttelt, die ätherische Lösung eingedampft und nach Storch-Morawski auf Harz (s. d.) geprüft, gegebenenfalls kann die Ermittlung der Verseifungs- und Jodzahl einen Rückschluß auf die Art der Fettsäure gestatten. Der Metallgehalt wird zweckmäßig in der Asche ermittelt. Flüssige Sikkative sind mit Wasserdampf zu destillieren und das übergegangene Lösungsmittel ist zu untersuchen z. B. auf Terpentinöl, Benzin, Harzöl (s. z. B. „Terpentinöl"). Größere Mengen unwirksamer Bestandteile, z. B. Kalk, sind zu beanstanden. Wichtig ist stets die praktische Prüfung: Zusatz zu Leinöl in wechselnden Mengen bei entsprechenden Temperaturen und Prüfung des erhaltenen Leinölfirnis (s. d. Prüfung).

2. Ölfirnisse franz.: vernis gras, v. à. l'huile, huile lithargyrée, engl.: oil varnish, boiled oil, drying oil, dry-oil.

Herstellung durch Erhitzen von trocknenden Ölen, auch von halbtrocknenden und Sikkativen, oder durch Lösen leichtlöslicher Trockenstoffe bei gewöhnlicher oder nicht sehr hohen Temperaturen. Eine andere Art von Firnis wird durch Erhitzen von Leinöl (ohne Trockenstoffe) während mehrerer Stunden auf hohe Temperaturen (200—300°) hergestellt. Diese Firnisse führen den Namen: „Standöl", „Dickö l" (s. u.). Der Hauptvertreter der eigentlichen Firnisse ist der

Leinölfirnis (franz. und engl. s. Ölfirnisse).

Chemische Zusammensetzung: Ähnlich wie das Ausgangsleinöl; bei höher und länger erhitzten Firnissen, besonders also bei solchen, die mit Oxyden und Hydroxyden der Metalle hergestellt sind, finden auch Polymerisationen und in geringerem Maße auch Oxydationen statt: daher haben solche Firnisse eine bedeutend niedrigere Jodzahl und geben eine sehr niedrige Hexabromidausbeute (s. Leinöl). Mit leicht

löslichen Sikkativen hergestellte und besonders kalt bereitete Firnisse haben Jodzahlen, die fast die des rohen Leinöls erreichen und geben hohe Hexabromidzahlen.

Dichte: D_{15} = 0,932—0,940, hocherhitzte auch bis etwa 0,950.

Brechungsvermögen: n_D^{15} 1,483—1,485; mit Resinaten hergestellte auch bis 1,486; höhere Werte deuten auf zu hohen Harzgehalt[9]).

Säurezahl: etwa bis 12. Höhere Werte sind verdächtig (zu hoher Harzgehalt).

Verseifungszahl: 185—195.

Anforderungen und *Prüfung:*[11]) Leinölfirnis soll klar sein oder doch nur geringe, sich (etwa innerhalb 10—20 Stunden) absetzende Trübung aufweisen. Diese Trübungen bestehen z. T. aus sog. Leinölschleim (s. Leinöl) z. T. aus Metall, (Blei-) Salzen von Oxyfett- und Oxyharzsäuren u. a. m.[10]). Die Trockenfähigkeit muß ausreichend sein: 2—3 Tropfen auf einer Glasplatte (etwa 9 : 12 cm) verrieben müssen nach wenigen Stunden „anziehen" d. i. klebrig werden und nach 24 Stunden, spätestens 48 Stunden, klebfrei getrocknet sein (durch Auflegen der warmen Hand zu prüfen). Besonders ist auch auf sog. „Nachkleben" zu achten, d. h. der scheinbar getrocknete Firnisanstrich beginnt nach einiger Zeit, oft erst nach mehreren Tagen wieder zu kleben, eine Erscheinung, die z. B. durch kleine Zusätze von Mineralöl bewirkt wird, bisweilen auch bei reinen Firnissen auftritt. Der getrocknete Film darf sich nicht leicht abreiben lassen.

Eine weitere Prüfung hat sich auf Farbenverträglichkeit zu erstrecken. Mit Zinkweiß und mit Bleimennige hergestellte Pasten dürfen sich nicht wesentlich verdicken oder gar gelatinieren, eine Erscheinung, die bisweilen auftritt, für die eine plausible Erklärung noch nicht gefunden ist[23]). Die Reinheitsprüfung geschieht durch Bestimmung der Dichte, des Brechungsvermögens, der Säure- und Verseifungszahl. Die Jodzahl gibt nur bei kaltbereiteten Firnissen Aufklärung (s. chem. Zus.). Wichtig ist die Prüfung auf flüchtige Stoffe (Benzin, Harzessenz u. a.), die durch Wasserdampfdestillation zu ermitteln sind, auf unverseifbare Stoffe (Mineralöl, Harzöl u. ähnl.), die durch Bestimmung des „Unverseifbaren" gefunden werden. Beide erniedrigen die Verseifungszahl. Bei zu hohem Brechungsvermögen ist eine quantitative Harzbestimmung nötig (s. „Fette u. Öle" Untersuchung). Tran kann bisweilen durch die Oktobromidprobe, besser durch Farbenreaktion gefunden werden (s. Tran). Die Menge der Trockenstoffe regelt folgende Festsetzung der Berliner Handelskammer (Juni 1913):

„Leinölfirnis (reiner Leinölfirnis, garantiert reiner Leinölfirnis) ist Leinöl, dem durch Zusatz von Trockenstoff die dem Leinölfirnis eigene, schnelle Trockenkraft gegeben ist.

Leinölfirnis darf nicht mehr als 2% Trockenstoff, bei Verwendung harzsaurer Verbindungen nicht mehr als 5% Trockenstoff enthalten.

Die Bezeichnung „Firnis" allein ist eine allgemeine, unter der die verschiedensten Materialien geliefert werden können.

Firnisersatz und Glättefirnis sind Ersatzprodukte für Leinölfirnis, die nicht aus Leinöl zu bestehen brauchen, sondern aus den verschiedensten Materialien hergestellt sind."

Hinzuzufügen ist noch, daß die Bezeichnung: „gekochtes Leinöl" von einigen Fachleuten auf hocherhitzte (bes. mit Oxyden bereitete) Firnisse beschränkt wird, von anderen für alle Firnisse, also auch wenig erhitzte Resinatfirnisse anwendbar sein soll. Die Frage ist noch nicht völlig geklärt[12]). Ölfirnisse außer Leinölfirnis lassen sich noch mit anderen trocknenden Ölen herstellen: Nußöl, Mohnöl, Holzöl, s. Holzöllacke, Hanföl[13]). Perillaöl gibt nur nach vorherigem Erhitzen brauchbare Firnisse, da sonst der Firnis während des Trocknens zu Tropfen zusammenläuft[14]). Mit Kobaltsikkativen geschieht dies nicht[15]). Auch Nigeröl[17]) ist als Firnisöl empfohlen worden. Sojabohnenöl[18]) kann einen Teil des Leinöls ersetzen, für sich ist es nicht zu gutem Firnis zu verarbeiten. Die Verarbeitung von Tran zu Firnis ist durch mehrere Verfahren versucht worden (Ausscheidung der nicht trocknenden Anteile durch Ausfrieren[16a]), Wasserdampfdestillation mit überhitztem Dampf, ohne und mit Vakuum, sowie unter Zufügung von Metallsalzen)[16b]). Die letztgenannten sollen befriedigende Erfolge gezeitigt haben, doch ist eine Nachprüfung von neutraler Seite noch nicht veröffentlicht.

Ersatzstoffe[19]) für Firnis bzw. Leinölfirnis, soweit ein solcher nicht in der Mitverwendung anderer trocknender (und halbtrocknender) Öle gesehen werden kann, sind zahlreich im Handel zu treffen. Gewöhnlich handelte es sich früher um Lösungen von Kolophonium oder dessen Kalkverbindung in Leinölfirnis, meist unter Zugabe von Benzin. Während der Kriegszeit waren fast ausschließlich Lösungen von Kumaronharz (s. künstliche Harze) in allen möglichen Lösungsmitteln in Gebrauch. Waren die leinölhaltigen Präparate für manche Zwecke noch recht

brauchbar, so sind die „Kumaronfirnisse" nur als Notersatz anzusehen. Sie liefern rasch spröde werdende, gegen Witterungswechsel überaus empfindliche Anstriche, die, wie Verf. oft beobachtet hat, z. B. durch einen Platzregen, fast spurlos verschwanden[20]). Eine andere Klasse von Firnisersatzprodukten bilden die Harzölfirnisse, die man aus geeigneten Harzölen durch Lufteinblasen bei Gegenwart von Trockenstoffen hergestellt hat[21]). Auch aus Teerölen versuchte man auf ähnliche Weise Ersatz zu schaffen[22]). Alle diese Präparate stehen aber dem Firnis bezüglich Trockenzeit, Glanz, Widerstandsfähigkeit, überhaupt in jeder Beziehung nach. Zu empfehlen sind sie kaum, wenn sie auch hier und da verwendbar sind. Kein Firnisersatz leistet das, was ein zweckentsprechend bereiteter Leinölfirnis bietet.

Standöle[24]).

Dicköl, Lithographenfirnis, Buchdruckerfirnis; franz.: vernis d'imprimerie, huile cuite; engl.: Printers varnish.

Die chemische Zusammensetzung des Standöles ist wenig bekannt, es enthält Polymerisationsprodukte der Glyzeride des Leinöls[25]).

Die chemischen und physikalischen Konstanten des Leinöls sind durch den Kochprozeß so verschieden geändert, daß sich allgemeine Angaben nicht machen lassen. Zur Orientierung diene folgende Tabelle:

	Spez. Gew. 15°	Jodzahl	Verseif.-zahl	Fettsäuren Spez. Gew.	Fettsäuren Erstarr. punkt	Fettsäuren Jodzahl
Dünnes Standöl[1])	0,95—0,968	100—130	190—195	0,94—0,95	15—18°	105—135
Mittl. Standöl[2])	0,97—0,973	90—100	190—195	0,95—0,952	19—23°	90—100
Dickes Standöl[3])	etwa 0,975	etwa 85	190—195	etwa 0,953	etwa 24°	etw. 85—90
Extra dickes Standöl (sog. Grünöl)	etwa 0,978	etwa 80	190—195	etwa 0,955	etwa 24°	etw. 80—85

[1]) Etwa für Kupferdruck. [2]) Für Steindruck geeignet. [3]) Für Metallfarbendruck.

Der Gehalt an Oxysäuren ist gering und übersteigt nur bei dicken Standölen 5%. Die höchst zulässige Viskosität für Druckerfirnis ist etwa eine absolute Zähigkeit von 39,5 bei 20°.

Die Trockenfähigkeit der Standöle ist geringer, als die der eigentlichen Firnisse. Je dickflüssiger, desto länger die Trockenzeit. Die Anstriche sind getrocknet von hohem Glanz, fest und elastisch. Gegen Witterungseinfluß und Temperaturwechsel sind sie sehr beständig. Ein Sikkativzusatz soll erst kurz vor Gebrauch zugegeben werden (lösliches Sikkativ). Meist wird es mit Leinöl oder Leinölfirnis zusammen verarbeitet. Die Prüfung hat sich besonders auf Farbenverträglichkeit zu erstrecken (s. Leinölfirnis). Eine Prüfung auf Reinheit kann nach Maßgabe der vorstehenden Tabelle erfolgen.

Eine besondere Art von Firnis sind die geblasenen Öle, die durch Behandeln von Leinöl mit Luft oder Ozon hergestellt sind. Sie unterscheiden sich von Standölen, denen sie in ihrer hohen Viskosität ähneln, durch die dunklere Farbe und den Gehalt an Oxysäuren. Sie stehen in ihren Eigenschaften den Firnissen näher als dem Standöl, das sie aber wie jene nicht ersetzen können.

Verwendung des Firnis: Als Bindemittel für Farben, zur Vorbehandlung bei der Lackierung oder Politur von Holz, Metall; hierbei auch als sehr wirksamer Rostschutz. Ferner zur Herstellung von Kitten. Standöl dient insbesondere bei der Herstellung von Lacken zur Erhöhung des Glanzes, der Widerstandsfähigkeit und der Elastizität. Standölfarben, ev. mit Terpentinöl oder Ersatz verdünnt zur Herstellung von glänzenden Anstrichen; sie werden daher entweder für sich oder mit Firnis und mit Terpentinöl u. a. verdünnt, als Emaillelack bezeichnet. Für Buchdruckerfarben, insbesondere bunte, wird Standöl auch in großem Maßstabe verwendet, s. o. Oxydiertes Leinöl dient der Linoleumfabrikation, weniger bedeutend ist seine Anwendung in der Lackindustrie.

Nebenprodukt der Firnisbereitung ist der Firnissatz, der Bodensatz, der neben Firnis noch Schleimstoffe (s. Leinöl) und die zum Teil aus Metallsalzen (insbesondere vom Blei) oxydierten Fettsäuren enthält. Er dient vornehmlich zur Bereitung von Glaserkitt.

Lacke (Lackfirnis), franz.: vernis, laque, engl.: varnish, lac-varnish.

Zollamtliche Definition: „Auflösungen

von mehr als 5% Harzen in Terpentinöl, Mineralöl, Harzöl, Ölfirnis, Azeton, Alkalien oder anderen Lösungsmitteln und Auflösungen von stark eingedickten trocknenden Ölen, wie Standöl, aus Leinöl oder chinesischem Holzöl in flüchtigen Lösungsmitteln, auch mit Farbstoff versetzt.

3. Öllacke, franz.: vernis a l'huile, engl.: oil-varnish.

Die Zahl der Öllacke ist so groß, daß hier nur in großen Zügen ein Bild von ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften entworfen werden kann. Auch die Benennung ist eine so verschiedene, daß nur prinzipielle Andeutungen Platz finden können. Die Benennung geschieht teils nach charakteristischen Bestandteilen (Kopallack z. B.), teils nach dem Zweck (z. B. Möbellack).

Bestandteile der Öllacke sind (mit Ausnahme einiger weniger s. u.): 1. Harze, wie Bernstein, Kopal, Kolophonium und dessen Verbindungen, Dammar u. a. m. 2. Leinölfirnis, Holzöl u. ähnl. 3. Trockenstoffe und 4. Verdünnungsmittel. Der Vorgang der Lackbereitung ist in wesentlichen Zügen: das eigentliche „Lackkochen" d. i. die Vereinigung von Harzen und Leinöl (Holzöl usw.). Dies geschieht durch Schmelzen der Harze und Hinzugabe des vorerhitzten Öles. Kopale und der sich ihnen gleichverhaltende Bernstein vereinigen sich nicht ohne weiteres mit dem Öl, sondern müssen durch längeres Schmelzen auf solche Temperaturen (über 360°), bei denen eine trockene Destillation einsetzt, bei der neben gasförmigen Zersetzungsprodukten „Kopalöle" (s. Kopal) übergehen, erst vorbereitet werden. Die Vereinigung mit dem Öl gelingt erst, wenn bedeutende Mengen des Harzes zersetzt sind. So bei Manilakopal, wenn etwa 15—20% Öl abdestilliert sind, bei Kaurikopalen 10—20, bei Kongo 18—22, bei Sansibar 20—25%. Sind die Kopale nicht genügend abdestilliert („ausgeschmolzen"), so bilden sie beim Zugeben des Leinöls gallertige Massen („Fladen") oder auch erst bei Zugabe des Verdünnungsmittels („geheime Fladen"). Kolophoniumzugabe verhütet bis zu gewissem Grade Fladenbildung, entwertet aber auch die Lacke. Versuche, das verlustreiche Ausschmelzen der Kopale zu umgehen, durch Zusatz von z. B. Palmitinsäure, Leinölsäure, Naphtalin, Terpineol u. a. m. haben zu greifbaren praktischen Erfolgen bislang nicht geführt.

Nach dem Ausschmelzen der Kopale usw. wird das Leinöl in vorgewärmtem Zustand zugegeben, Trockenstoff zugefügt und auf 280—300° kurze Zeit erhitzt. Nach gehörigem Abkühlen wird das Verdünnungsmittel (Terpentinöl, Lackbenzin usw.) eingerührt. Statt des Leinöls und Trockenstoffs kann auch vorher bereiteter Firnis verwendet werden. Über die Verwendung des Dicköls s. o.

„Bernsteinlack" ist eine Qualitätsbestimmung. Eine so bezeichnete Ware braucht nicht ausschließlich Bernstein oder Harz zu enthalten, sondern kann statt dessen auch harte Kopale oder z. T. deren Ersatzprodukte enthalten.

Die zweite Hauptgruppe der Lacke sind die Harzlacke.

Diese enthalten statt des Kopals das Harz κατ' ἐξοχήν, das Kolophonium. Meist allerdings nicht dieses für sich, da die Lacke sonst zu spröde und leicht klebend werden, sondern in Form seiner Ester oder Salze, insbesondere als Kalkresinat (s. a. Kolophoniumverbindungen). Das unmittelbar durch Schmelzen gewonnene Kalkresinat wird noch flüssig mit Leinöl gemischt u. s. w. wie bei den Kopallacken. Ihre große Bedeutung haben die Harzlacke aber erst durch Mitverwendung von Holzöl erlangt, das ihre Widerstandsfähigkeit und Elastizität bedeutend erhöht. Derartige Lacke werden auch als Holzöllacke bezeichnet. Das Holzöl für sich trocknet, insbesondere bei Gas und Azetylenlicht, matt und rissig auf, es zeigt eisblumenartige Figuren. Dies wird vermieden durch längeres Erhitzen des Öles auf Temperaturen, bei denen das Holzöl (s. d.) noch nicht gerinnt, je nach Art des Öles etwa 120—200° oder auch durch Erhitzen mit Leinöl zusammen. Auch Zusatz hochsiedender Terpene[26]), z. B. ranzigen Terpentinöls, vermag diese Übelstände auszuschalten. Sikkativzugabe setzt ebenso wie die Gegenwart von Harz die Gerinnungsgefahr herab, vermag aber nicht immer ein glattes Trocknen zu verbürgen. Im allgemeinen wird unter „Harzlack" ein Lack verstanden, der ohne Kopale usw. lediglich mit Hilfe von Kolophoniumverbindungen hergestellt wird.

Als dritte Gruppe der Öllacke können gewisse Asphaltlacke gelten, die im wesentlichen durch Lösen (Verkochen) von syrischem oder amerikanischem Asphalt, auch unter Zugabe von Harzen in Leinölfirnis und Verdünnen mit Terpentinöl usw. hergestellt werden.

Die große Verschiedenheit der zahllosen Lacksorten wird vornehmlich durch die Art der Kopale, die Art, Dauer und Temperatur des Erhitzens, das Verhältnis der Harzmenge zum trocknenden Öl bedingt; dazu kommt die Kombination von Harz- und Kopallacken in mannigfachen Verhältnissen teils durch Kombination der Harze beim Lackkochen, teils durch Mischen fertiger Lacke. Den Unterschied

der relativen Ölmenge kennzeichnet man, besonders bei Kopallacken, bisweilen durch die Namen fette Lacke (etwa 1 Öl zu 1 oder weniger Harz), magere Lacke (etwa 1 Öl zu 2 und mehr Harz) und dazwischenliegend halbfette Lacke. Fette Mattlacke werden entweder durch Hinzufügen von Wachsarten, Paraffin, Ceresin u. ähnl. erzielt oder durch Anwendung von Sumatradammar, der die Eigenschaft hat, in mageren Lacken matt aufzutrocknen, endlich werden auch durch Mischung mit Stärke, sowie durch Tonerde, dessen Hydrat oder durch fettsaure Tonerde Matteffekte erzielt. Wachshaltige Lacke trocknen schwer, kleben leicht nach und sind wenig wasserbeständig. Fette Mattlacke werden oft als „Brunoleïne" bezeichnet. Über die Rolle des Verdünnungsmittels soll hier nur so viel gesagt werden, daß man heute allgemein annimmt, daß das früher ausschließlich gebrauchte Terpentinöl vollkommen durch geeignet destillierte sog. Lackbenzine (etwa 130—180° siedend) zu ersetzen sei. Beachtet muß aber werden, daß — ceteris paribus — Benzin, Benzol, Solventnaphta eine geringere Viskosität des Lackes zur Folge hat. Bedingung ist auch ein hoher Flammpunkt (über 21°) und nicht allzu große Flüchtigkeit, da sonst der Lack während des Streichens zu leicht dick und ein gleichmäßiger Anstrich, ein „Egalisieren" erschwert wird. Der Sauerstoffübertragung, die man dem Terpentinöl (s. d.) früher als einen Vorzug zuschrieb, mißt man heute keine Bedeutung mehr bei[27]).

Die Ölmenge hat einen bedeutenden Einfluß auf die Trockendauer des Lacks, die sich — ceteris paribus — bei größerem Ölgehalt verlängert, während die Witterungsbeständigkeit zunimmt. Letztere Eigenschaft wird aber sicherer durch harte Kopale (s. d.) erzielt.

Lacksorten: Hier können nur die wichtigsten Platz finden, die mit ihrer durchschnittlichen Trockenzeit angegeben sind. Es sei bemerkt, daß man Schleiflack einen hart auftrocknenden Lack nennt, den man z. B. mit feuchtem, ganz feinem Bimsteinpulver eben schleifen kann, um den nachfolgenden Anstrichen einen glatten nicht saugenden Untergrund zu geben.

Name des Lackes	Anziehen (Klebrigwerden)	Staubtrocken (oberflächlich trocken)	Trocken
Innenlacke			
Schleiflack Fußbodenlack Emaillelack Dekorationslack Möbellack Dammarlack	nach 1 Stunde	2—8 Stunden	15—20 Stunden
Außenlacke (Überzugs-, Emaillelacke, Dekorations-, Luft-, Gartenmöbellacke)	nach 2—5 St.	6—10 Stunden	20—30 Stunden
Wagenlacke feine Überzugslacke	nach 3—7 St.	10—12 Stunden	2—5 Tage

Von Kutschenlacken[28]) verlangt man vor allem Wetterbeständigkeit, gute Verstreichbarkeit und nicht zu langsames Trocknen. Blechlacke (Blechüberlauflacke). Lokomotivlacke u. ä. werden meist bei höheren Temperaturen getrocknet (70 bis 100°), daher der Name „Ofenlacke". Hierzu gehören oft auch die „Goldlacke", die Blechwaren ein goldartiges Aussehen geben sollen; man erreicht die Tönung durch geeignete dunkle Harze, kleine Asphaltzugabe oder auch durch Farbstoffe. Sie müssen elastisch sein und dürfen beim Biegen nicht brechen[29]). Als Isolierlacke können die meisten rasch trocknenden Öllacke verwendet werden; bevorzugt werden Asphaltlacke und je nach dem Spezialzweck flüchtige Lacke. Isolierlacke sollen im Aufstrich bei einer Schichtdicke von 0,025 mm noch einen Durchschlagswiderstand von 1000 Volt haben[30]).

Eine besondere Klasse von Öllacken sind die harzfreien, die als Hauptbestandteil mit und ohne Sikkative dick gekochtes Leinöl oder Holzöl aufweisen und die u. a. als Emaillelacke und zu Lackfarben mit Hochglanz verwendet werden.

Verhalten von Lackanstrichen gegen Chemikalien und ihre Lebensdauer: Allgemein läßt sich etwa folgendes sagen: Kaustische Alkalien und Erdalkalien werden von den wenigsten Lackanstrichen vertragen;

auch dann nur kurze Zeit und bei großer Verdünnung. Je mehr Kopal vorhanden und je härter er ist, desto größer ist die Widerstandsfähigkeit. Bei gleichen sonstigen Verhältnissen befördert Dickől wiederum die Beständigkeit gegenüber ungekochtem Leinöl, auch Holzöl kann die Alkalibeständigkeit heraufsetzen. Dies hängt aber von anderen —noch nicht bekannten — Bedingungen ab. Gegen Sodalösung sind gute Kopallacke ziemlich unempfindlich. Insbesondere Emaillelacke weisen oft gegen kalte 10—30%ige Sodalösung noch nach 2 Stunden kaum Veränderungen auf[31]). Hochglänzende Emaillelacke von guter Widerstandsfähigkeit führen oft den Namen „Japanlack". Sie haben mit eigentlichem Japanlack s. u. nichts gemein als den Namen. — Verdünnte Säuren sind meist ohne erheblichen Einfluß, nur bei Hartharzlacken, namentlich mageren, können auch sie den Anstrich leicht zerstören, konzentriertere Säuren halten Öllacke nicht aus. Harzlacke sind auch gegen Feuchtigkeit recht empfindlich, sie werden leicht weiß. Mit basischen Farben (z. B. Zinkoxyd) werden Öllacke oft dick; dies kann auf Verseifung des Harzes und Öles beruhen, kann aber auch auf Änderung des kolloiden Zustandes zurückzuführen sein. Letzteres dürfte auf die nicht seltenen Fälle zutreffen, in denen neutrale Lacke mit neutralen Farbkörpern gelatinieren[32]). Die Lebensdauer von Lackanstrichen hängt von ihrer Art und der Beanspruchung ab. Außenlacke dürften selten eine Lebensdauer über 2 Jahre aufweisen.

Prüfung und Untersuchung der Öllacke: Die Prüfung wird zunächst eine rein praktische sein. Man hat auf folgendes zu achten: 1. Beschaffenheit des Lackes selbst: Farbe, Klarheit, Konsistenz, gegebenenfalls auf Farbenverträglichkeit (s. a. Firnis). 2. Verhalten beim Streichen: Insbesondere auf die Möglichkeit, glatte Flächen zu erzielen. Man streicht auf Glas und je nach dem Zweck auf andere Materialien; Holz ist erst zu firnissen und dann erst nach völligem Trocknen zu streichen. Die Flächen sollen nicht zu klein sein, da sonst ein einwandfreies Urteil nicht möglich ist (nicht unter 20 × 20 cm). 3. Verhalten während des Trocknens (s. Tab.). Staubtrockenheit prüft man durch gleitendes leichtes Berühren mit dem Finger. Durchtrocknung durch längeres Auflegen der warmen Hand unter leichtem Druck. Kein Kleben und kein bleibender Eindruck darf bemerkbar sein. 4. Beschaffenheit der trocknen Lackschicht auf Glanz, Härte (Ritzen mit dem Fingernagel oder Messer). Je glatter der Ritz ist, je weniger Absplitterungen sich zeigen, desto besser ist der Lack. (Auf die wohl nur vereinzelt gebrauchten Lackprüfungsapparate soll hier nur verwiesen werden.)[40]). Ferner ist die Abreibbarkeit mit trockenem und nassem Finger zu prüfen. Weitere Prüfungsverfahren ergeben sich aus dem praktischen Zweck z. B. Außenlacke (Wagenlacke) durch langfristiges Aussetzen an der Luft, bei Blechlacken auf Rostschutz (Einwirkung von Wasser, Wasserdampf, schwachen Säuredämpfen. Heizkörperlacke auf Beständigkeit (auch im Farbton) bei häufig wechselnder Temperatur (etwa 10—100°). Fußbodenlacke auf rasche Trocknung, Klebfreiheit, Widerstand gegen Abreiben und Feuchtigkeit: 1—2stündige Bedeckung mit feuchtem Lappen darf nach Entfernung desselben und völligem Trocknen keine Einwirkung zeigen. Isolierlacke Trockenfähigkeit, Klebfreiheit, Elastizität (Aufstrich auf Blech und Biegen), Durchschlagswiderstand usf. (s. Literatur, Allgemeines).

Die *chemische Untersuchung der Öllacke*[33]) erstreckt sich auf Isolierung und Ermittlung der Lösungsmittel durch Wasserdampfdestillation. Das übergehende Lösungsmittel ist auf Terpentinöl, Benzol, Benzin, Solventnaphta, Harzessenz usw. zu untersuchen (s. z. B. „Terpentinöl"). Die Untersuchung des bei der Destillation zurückbleibenden „Lackkörpers" bietet die denkbar größten Schwierigkeiten, die auch der Spezialist nicht immer überwinden kann. Man wird den „Lackkörper" mit alkoholischer Kalilauge verseifen, den Alkohol durch Abdampfen verjagen und filtrieren. Harzanteile, Mineralöle und Harzöle, Asphalt Kumaronharze u. a. bleibt zurück. Beim Ausschütteln des Filtrats mit Petroläther geht namentlich bei Bernstein und härteren Kopalen ein Teil in den Petroläther über, Dammar nur z. T. Ein weiterer Teil kann durch Ätherextraktion der Seifenlösung entzogen werden. Die Harzsäuren, insbesondere Kolophonium, Manila-, Kongo-, Brasilkopale sowie die Fettsäuren werden aus der vom Petroläther getrennten Seifenlösung mit Säure gefällt und mit Petroläther extraltiert, in den sie zum größten Teil übergehen und nach dem Abdampfen des Petroläthers untersucht werden können, besonders auf Kolophonium (s. d.). Die Trennung der Fettsäuren kann durch Veresterung geschehen (s. „Verfahren für d. Untersuchung der Fette usw."). Ein Teil der Harzsäuren und die oxydierten Fettsäuren bleiben bei dieser Extraktion ungelöst und können mit Benzol gelöst und nach dessen Abdampfen bestimmt werden. Eine Unterscheidung der verschiedenen Kopalsorten wird in-

folge der beträchtlichen Verschiedenheit und stets wechselnden Beschaffenheit der Rohmaterialien und ihrer Veränderung beim Schmelzen nur selten möglich sein. Auch Kolophonium wird beim Lackkochen zum Teil verändert. Die Sikkative werden in besonderer Probe durch Veraschen bestimmt und nach den üblichen Methoden untersucht. Nachweis von Holzöl s. Wolff[37]) und Schumann[38]). Bei Lackfarben wird man durch geeignete Lösungsmittel (Äther, Benzol, Chloroform u. a.) den Farbkörper vom Lack trennen. Die Lösungsmittel bestimmt man natürlich im Lack unmittelbar wie oben angedeutet.

4. Flüchtige Lacke. franz.: vernis à l'essence.

Hier sind drei Hauptgruppen zu unterscheiden: Spritlacke, Zaponlacke u. ähnl., andere flüchtige Lacke.

a) Spritlacke, franz.: vernis à l'alcohol, v. spiritueux; engl.: spirit.-varnish.

Hierzu sind alle Harzlösungen in Alkohol oder in Lösungsmittelgemischen, die zum größten Teil Alkohol enthalten, zu rechnen. Als Harze kommen vor allem in Betracht: Schellack, der an Elastizität und Härte von keinem anderen spritlöslichen Harz erreicht wird, ferner Manilakopal, Akkaroidharz (nur für gefärbte Lacke), Sandarak, Mastix, Kolophonium. Als weichmachende bzw. elastizitätserhöhende Zusätze, soweit sie diese bedürfen, kommen Balsame (venetian. Terpentin, Elemi, Kopaivabalsam) in Betracht, ferner Leinölsäure, Rizinusöl u. a. m., auch Kampfer und Kampferöl. Die Verdunstung wird oft durch schwerer und leichter siedende Lösungsmittel reguliert, wie Amylalkohol und -azetat, Azeton, Holzgeist (letztere spielten mit dem Azetonöl während des Krieges eine größere Rolle). Kolophonium macht die Lacküberzüge spröde und bei Temperaturerhöhung leicht klebend, seine Anwendung ist daher beschränkt und kommt besonders für billige Massenlackierung (z. B. Spielsachen) in Frage. Mattlacke können durch die gleichen Zusätze erzielt werden, wie sie bei den Öllacken beschrieben sind. Außerdem können sie durch geeignete Kombinationen von Harzen, besonders mit Sandarak, hergestellt werden oder durch geeignete Zusätze von Lösungsmitteln, besonders durch Mono- und Dichlorbenzol. Für eigentliche Polituren kommen fast ausschließlich reine Schellacklösungen in Frage, andere Harze mit Ausnahme etwa von Benzoe stören schon in verhältnismäßig kleinen Mengen. Dagegen können sie für Politurlacke benutzt werden.

Auch gewisse Kunstharze (s. d.) können zur Herstellung von Spritlacken benutzt werden. Die Konzentration der Lacke an Harz hängt von dem jeweiligen Verwendungszweck ab. Sie liegt etwa zwischen 20—50%. Lacke, die als Bindemittel für Farbkörper dienen, werden etwas dicker gehalten, als andere, die nur einen schützenden Überzug geben und, wie z. B. bei Metallacken, möglichst unsichtbar bleiben sollen. Auch Papierlacke müssen dünn und sehr elastisch sein und dürfen nicht „durchschlagen" (müssen also fettfrei sein im Gegensatz zu Lacken, die Papier transparent machen). Die Wahl der Farben ist beschränkter, als bei den Öllacken, die Farbenverträglichkeit ist begrenzt: Unmöglich ist Zinkweiß, das mit den Harzsäuren Verbindungen eingeht und Verdicken, schließlich Erhärten der Lacke zur Folge hat. Auch mit Bleiweiß werden die meisten Spritlacke klumpig. Allgemein brauchbar ist Lithopone. Für bunte Farben ist Mennige wegen Klumpenbildung verpönt; brauchbar sind Chromgelb, Chromrot, kalkfreie Ocker, Manganbraun, Chromgrün, Ultramarin und viele mit organischen Farbstoffen hergestellte Lackfarben.

b) Flüchtige Lacke (außer Zaponlacken) ohne Spiritus dienen besonderen Zwecken, z. B. in der Photographie als Negativlacke, auch als Papierlacke u. a. m. Auch hier handelt es sich um einfache Harzlösungen, für die besonders Sandarak viel verwendet wird. Als Lösungsmittel kommen Benzin, Äther, Amylalkohol und Amylazetat u. a. m. vor. Auch gewisse schnelltrocknende Asphaltlacke ohne Ölgehalt sind „flüchtige Lacke", bei denen gewöhnlich Terpentinöl, Benzin, Benzol als Lösungsmittel dienen. Hierher gehören auch die Kumaronfirnisse, Lösungen von Kumaronharzen in Benzol, Solventnaphta, Azeton u. a. m., die in der Kriegszeit aus Mangel an besserem Material eine große Rolle spielten (s. „Kunstharze" u. „Firnis-Ersatz").

Sorten und Anwendung: Die Spirituslacke werden ähnlich wie die Öllacke meist nach ihrem Verwendungszweck benannt: Möbellacke, Buchbinderlack, Fußbodenlack, Goldkäferlack (für Lederlackierung mit Fuchsin und Methylviolett oder ähnl. gefärbter Spritlack (Schellack und andere Harze etwa 30% des Lackes, Negativlack muß das Auftragen von Retuschen erlauben, enthält meist Sandarak oder Mastix neben anderen Harzen, Resonanzbodenlack für Klaviere, Geigen usw., enthält meist Balsam, Rizinusöl oder andere elastisch machende Stoffe. Etikettenlacke, Strohutlacke, Blechlack, Dosenlack usf. Goldlacke (s. a. Öllacke)

werden mit Rubinschellack, mit Farbstoffen, auch mit Gummigutt oder Drachenblut hergestellt. Die Mattlacke werden häufig als Matteine oder Mattine bezeichnet. Faßglasuren, Bierlacke, Brauereilacke, Eisenglasuren usw. dienen zum Überziehen von Maischbottichen, Kühlschiffen u. a. Behältern in den Brauereien. Diese Lacke müssen harte, gegen Wasser indifferente, keine Geruchs- und Geschmacksstoffe abgebende Überzüge geben. Als Harze kommen in Betracht: Schellack, Dammar, Kolophonium, ev. Angolakopal. Besonders hohe Anforderungen werden an Modellacke (Modellglasuren) gestellt. Man verwendet Schellack, zu weniger guten auch mit Sandarak, Kopal, Akkaroid; Kolophonium ist nicht zu empfehlen. Bedeutend ist auch die Anwendung als Isolierlacke in der Elektrizitätsindustrie. Hier eignen sich nur vor allem Schellack und gewisse „Bakelite" (s. Kunstharze), wegen ihrer hohen Isolierfähigkeit.

c) Zaponlacke[34]) (Nitrozellulose-, Pyroxylin-, Kollodiumwollelacke) sind Lösungen von Nitrozellulosen (Tri- bis Pentanitrozellulose) in verschiedenen Lösungsmitteln insbesondere in Amylazetatbenzingemischen. Die Lösung erfolgt in Amylazetat, dann erst der Benzinzusatz. Auch Azeton, Holzgeist, Amylalkohol, Amylformiat, seltener Propylverbindungen, werden verwendet. Vielfach erhalten die Lacke einen Zusatz von Kampfer (Zelluloidlacke) und zur Erhöhung der Elastizität trocknende oder fette Öle, besonders Rizinusöl. Man kombiniert auch die Zaponlacke mit Spritlacken oder anderen Harzlösungen. Essigäther bedingt in geeigneten Verhältnissen Matteffekte.

Anwendung: Die Zaponlacke dienen vor allem als Metallacke; sie zeichnen sich durch große Widerstandsfähigkeit und besonderes Haftvermögen auf blankem Metall aus. Der Schutz des Metalls ist schon bei außerordentlich geringen Schichtdicken ein sehr hoher. Ferner werden diese Lacke gebraucht zum Überziehen und Färben (mit Teerfarben gefärbte Lacke) von elektrischen Glühlampen; zum Wasserdichtmachen von Papier und Geweben (z. B. „Dauerwäsche") in Mischungen mit Talkum, Asbest und Glimmer als Isolierlacke. Ferner als Lederlacke, zum Konservieren von Dokumenten u. a. m. Störend ist bei letztgenannter Verwendung die große Brennbarkeit. Diese weist der seit einigen Jahren gebrauchte Ersatz der Zaponlacke, der

d) Zelluloseazetatlack (Cellonlack) nicht auf. Der Nachteil dieser Lacke ist der, daß sie einige Schwierigkeiten in der Wahl des Lösungsmittels bereiten, da das Aussehen und die Beschaffenheit der mit ihnen hergestellten Überzüge sehr vom Lösungsmittel abhängen. Einige Azetate werden von Azeton und Essigäther gelöst. Besondere Bedeutung haben die Cellonlacke erlangt, diese verdanken ihr Entstehen der Entdeckung Eichengrüns[35]), daß Zelluloseazetate in Mischungen von Nichtlösungsmitteln löslich sein können, z. B. Alkohol und Benzol, Alkohol + Dichlorätylen, Pentachloräther usw. Azetylentetrachlorid ist wegen seiner hohen Giftigkeit jetzt verboten. Diese kombinierten Lösungsmittel geben viskosere Lösungen, die weniger zur Strukturbildung neigen, als Azetonlösungen. Unter anderem werden Cellonlacke in der Ballon- und Flugzeugindustrie verwandt, z. B. zum Wasser- und Luftdichtmachen von Hüllen, Tragflächen u. dgl. Das Auftragen der Zaponlacke (wie auch von Spritlacken) geschieht durch Streichen (dickere Lösung), Tauchen (dünnere Lösung) und Spritzen. wasserhaltige Lösungsmittel bewirken Anlaufen oder Blindwerden; zu geringe Konzentrationen Irisieren.

Aanalyse von Sprit- und Zaponlacken[36]): Die Lösungsmittel werden durch Wasserdampfdestillation übergetrieben; zu dem Destillat gibt man etwa 20% Kochsalz und trennt die sich ausscheidenden höheren Alkohole und Ester vom wäßrigen Teil. Letzteren destilliert man für sich, bis die Dämpfe die Temperatur 100° erreichen und ermittelt Azeton, Alkohol, Metylalkohol usf. im Destillat. Das aus der Kochsalzlösung ausgeschiedene Gemisch kann durch Behandlung mit Schwefelsäure (spez. Gew. 1,80) auf Benzol und Benzin geprüft werden, die sich abscheiden; durch Verseifung (und Verseifungszahl) auf Ester, durch Azetylierung und Azetylverseifungszahl (abzüglich ursprüngliche Verseifungszahl) auf Alkohole. Die Lackgrundlage wird am besten durch Verdunstenlassen der Lacke auf blanken Glasplatten gewonnen und quantitativ bestimmt. Die Lackhäutchen werden auf das Vorhandensein von Schellack, Kolophonium (s. Schellack) und andere Harze durch Löslichkeitsverhältnisse, Säure- und Verseifungszahlen untersucht. Nitro- und Azetylzellulose können durch Nachweis von Salpetersäure und Essigsäure in der bei Verseifung der Häutchen erhaltenen alkalischen Lösung nachgewiesen werden. Eine Anweisung zur Analyse läßt sich um so weniger geben, als verschiedene Kombinationen von Harzen nicht additive Eigenschaften aufweisen. So ist z. B. die Löslichkeit von Harzgemischen oft eine ganz andere, wie die Löslichkeit der Komponenten

voraussehen läßt. Alle Systeme der Untersuchung haben sich bei Nachprüfung durch Verf. als unzuverlässig und z. T. direkt irreführend erwiesen. Hinweise auf die Erkennung der einzelnen Harze siehe bei diesen. Die praktische Prüfung wird entsprechend dem Verwendungszweck durchgeführt in ähnlicher Weise, wie dies bei Besprechung der Öllacke angegeben ist. Nebenprodukte entstehen bei der Herstellung klarlöslicher Spritlacke, wenn sie Schellack enthalten. Bei diesen wird vom ungelösten Schellackwachs abfiltriert. Dieses kann zur Herstellung von Mattlacken benutzt werden, vornehmlich findet es aber auch bei der Fabrikation von Wachsemulsionen (Schuhkremen, Bodenwichse u. ähnl.) Verwendung.

Eine besondere Klasse von Lacken sind die

e) Wasserlacke,

d. s. Lösungen von Schellack in Boraxlösungen, Ammoniak- oder Sodalösung. Sie dienen besonders bei der Hutfabrikation als „Steifen", ferner in der Lederindustrie (Lederappreturen). Die Alkalimenge ist so zu bemessen, daß sie gerade zur Lösung ausreicht, da Überschüsse naturgemäß schädlich sind. Man bedarf etwa $^1/_5$ des Harzgewichtes an Borax. Auch als eigentliche Lacke, Mattlack für Möbel usw. und besonders für Tapeten werden Wasserlacke verwendet. Beachtenswert ist, daß nach dem Verdunsten des Wassers das Harz unlöslich ist. Außer Schellack kommen noch — aber in viel geringerem Maße und von weitaus schlechterer Haltbarkeit — Kopallösungen in Betracht; Kopale können aber nur mit größeren Mengen Soda oder Pottasche in Emulsion erhalten werden, so daß schon hierdurch ihre Anwendung beschränkt ist. Wasserlacke bzw. Appreturen werden oft auch mit Leim, Dextrin, Kasein und ähnl. vermischt.

5. Japanlack[39]): Der eigentliche Japanlack ist der Milchsaft des Lackbaumes (Rhus vernicifera). Er enthält neben Wasser (10—30%) kleine Mengen Stickstoffsubstanz, Fermente, einen sehr giftigen (hautätzenden) Stoff, Öl, eine Gummiart und als Hauptbestandteil das Urichiol, wahrscheinlich ein zweiwertiges, eine große Alkylgruppe enthaltendes Phenol. Die — einen Oxydationsprozeß darstellende — Trocknung liefert eine sehr harte und elastische, anfangs etwas wasserempfindliche, später aber gegen mechanische und chemische Beanspruchung äußerst widerstandsfähige Schicht, die alle anderen Lacküberzüge weit übertrifft. Die Bezeichnung Japanlack ist leider eine allgemeine Bezeichnung für widerstandsfähige weiße Öl- und schwarze Asphaltlacke (engl. black japan, franz.: vernis a l'asphalte) geworden.

6. Siegellacke

sind in geschmolzenem Zustande mit Farbkörpern gemischte Harze. Der Farbkörper ist nicht allein des Färbens wegen vonnöten, sondern auch, um ein zu starkes Tropfen zu verhindern. Gute Sorten enthalten als Harz größtenteils Schellack. Ihnen wird, um gleichmäßiges Weiterbrennen zu gewährleisten, Weichharz (Terpentin, Balsame u. a.) zugegeben (zu hoher Zusatz bewirkt Kleben!). Billigere Sorten werden aus Kolophonium, auch Manila-Kopal, Akkaroid u. a. hergestellt. Auch harte Pechsorten u. ähnl. werden verwendet. Analyse durch Extraktion der Harze mit verschiedenen Lösungsmitteln und weitere Prüfung der Extrakte (Säure-, Verseifungszahl) den Alkoholextrakt wird man auf Schellack und Kolophonium prüfen (s. „Schellack", Untersuchung).

Statistisches: Leinölfirnis wurde stets mehr in Deutschland eingeführt als ausgeführt. Umgekehrt war die Ausfuhr fertiger Lacke in letzter Zeit sehr bedeutend. Hier drohte den — allerdings vorzüglichen — englischen Waren in Deutschland vor dem Kriege ein Konkurrent zu entstehen. Die einzelnen Typen, leider in den Statistiken zu großen, oft heterogene Dinge umfassenden Gruppen zusammengefaßt, zeigt folgende Aufstellung.

	Ölfirnisse, Firnisersatz, Vogelleim aus Leinöl t	Weingeistfirnis, Schellackkitt t	Lackfirnisse, Weingeist-, Asphalt-, Zaponlack t	Siegellack Flaschenlack t
Einfuhr				
1910	1285	67	1170	14
1911	12,8	52	1200	12
1912	1412	51	1405	14,5
1913	1832	45	1367	16
Ausfuhr				
1910	699	258	3396	121
1911	990	311	4065	131
1912	812	429	4286	117
1913	855	368	4566	120

Die *Preise* für Leinölfirnis sind gewöhnlich nur wenige Mark höher, als die Leinölpreise. Über Lackpreise läßt sich natürlich gar nichts Allgemeines sagen, da diese von den Preisen der sehr verschiedenen Rohmaterialien abhängen, dazu kommen bei Kopalen-, Bernstein u. a. Lacken die Schmelzverluste, die die Preise noch höher werden lassen.

Literatur:

Allgemeines: Seeligmann-Zieke, Handbuch der Lack- und Firnisindustrie Berlin 1915. Andés, Fabrik. der Kopal-, Terpentinöl- u. Spirituslacke, Wien 1909. Andres, Fabrikation der Lacke, Firnisse usw., Wien 1901. Bottler, Lack- und Firnisfabrik, Halle 1908. Fahrion, Chemie der trocknenden Öle, Berlin 1911. Untersuchung: Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle u. Fette, Berlin 1918. Über Firnis auch die Handbücher von Benedikt-Ulzer, Lewkowitsch, Hefter (s. Leinöl).

Besonderes: 1. Z. angew. Ch. **1897,** 561.
2. Z. angew. Ch. **1906,** 2092.
3. Davidsohn, Farbenztg. **1909,** Jg. 14, 536.
4. Weger, Z. angew. Ch. **1897,** 542 (für Kobalt eigene unveröffentl. Versuche); s. a. Lippert, Z. angew. Ch. **1898,** 433; s. a. 6).
5. Chem. Ztg. **1906,** 1252.
6. Meister, Farbenztg. **1911,** Jg. 16, 1911.
7. Farbenztg. Jg. 17, Nr. 20. Literatur über Kobalttrockner: Bottler, Chem. Rev. üb. Fett- u. Harzind. Jg. 19, 265 u. 296. Meister, Farbenztg. **1911,** 2517.
8. s. Bottler, Die Trockenstoffe in der Lack-, Firnis- u. Farbenindustrie, Halle 1915. Mühle, Farbenztg. **1916,** Jg. 21, 855, 883; s. a. Fahrion (Allgemeines).
9. Wolff, Farbenztg. **1910,** Jg. 16, 268.
10. Über Firnistrübung bzw. „Satz" s. Wolff, Farbenztg. Jg. 19, 1466, 1757. Mühle, ebenda 1571.
11. s. Allgemeines u. Wolff, Taschenkalender für die Öl- u. Fettind., Mainz **1914.**
12. Niegemann u. Kayser, Farbenztg. **1914,** Jg. 19, 1680, **1915,** 765. Mühle, ebenda 822, 1741; Fahrion, ebenda 880.
13. Stock, Lack u. Farbe **1912,** 219.
14. Meister, Farbenztg. **1910,** 16, 266; s. a. Fahrion (Allgemeines).
15. Niemann, Farbenztg. **1913,** 297. Rosenthal, Farbenztg. **1912,** 739.
16. a) Hertkorn, DRP. 129809 (1900), 137306 (1902).
b) Kämpfe, DRP. 46572 (1912), 272465, 273345; s. a. Meister, Farbenztg. **1910** 16, 211, ferner „Farbe u. Lack" **1912,** 360.
17. Meister, Farbenztg. **1910, 16,** 20.
18. Meister, Farbenztg. **1010, 15,** 1486, **1911,** 2798.
19. s. Seeligmann-Zieke (Allgemeines). Schwarzbach, Kunststoffe **1916,** 203.
20. Wolff, Farbenztg. **1919,** (24), 581.
21. s. Seeligmann-Zieke (Allgemeines); ferner DRP. 54510, 67336, 154219, 155107.
22. Großmann, Seifensiederztg. **1917,** 294.
23. Meister, Farbenztg. **1911,** 711. Wolff, ebenda **1912,** 410.
24. Fahrion, s. Allgemeines, van Hoek, Farbenztg. **1912, 17,** 1880.
25. Lippert, Chem. Ztg. **1897,** 776.
26. DRP. 257601; s. a. DRP. 261403 (Erhitzen mit Schwefel); ferner Bürstenbinder, Farbenztg. **1917, 23,** 243 (theoretisch nicht einwandfrei!).
27. Ragg, Farbenztg. **1908,** 1202. Mühle, Herbig, s. „Terpentinöl-Ersatz".
28. s. a. Farbenztg. **1913,** 2639 (Ungenannt).
29. Farbe u. Lack **1913,** 110 (Ungenannt).
30. Bottler, Elektrotechn. Z. **1917,** 149. Über Cellonisolierlacke s. „Kunststoffe" **1916,** 99; s. a. Seeligmann-Zieke (s. Allgemeines).
31. Bottler, Kunststoffe **1915,** 157; Krumbhaar, Farbenztg. **1916,** 366, 390.
32. Wolff, Farbenztg. **1912,** 410; Mühle, Rosicki, ebenda **1913,** 1094, 2058. Megerle, ebenda **1913,** 2230.
33. Fahrion, Holde s. Allgemeines, ferner Smit-Addens, Olien & Vetten **1917,** 23, 58, 80 nach Ztschr. angew. Ch. **1918,** II, 142.
34. s. Allgemeines und Prager, Seifensiederztg. **1916,** 263, 286, 331. Zimmer, Farbenztg. **1918, 23,** 331.
35. DRP. 246651; s. Eichengrün, Chem. Ztg. **1908,** 228 u. Z. angew. Ch. **1911,** 366; techn. Rundsch. **1913,** 147.
36. Analyse von Spritlacken s. Zimmer, Farbenztg. Jg. 17, 456. Wolff, ebenda Jg. 18, Nr. 16 von Zaponlacken s. Wolff, Farbenztg. Jg. 16, 2056.
37. Wolff, Farbenztg. **1916,** 1302.
38. Schumann, J. Ind. Eng. Chem. **1916,** 5. Referat Z. angew. Ch. **1916,** I, 127 u. II, 242.
39. s. Seeligmann-Zieke (s. Allgemeines); s. Majima u. Kakamura, Ber. chem. Ges. **1913,** 46, 4080ff.
40. z. B. Apparat nach Dr. Clemen (Bezugsquelle Hugo Keyl, Dresden).

H. Wolff.

Firnissatz s. Firnisse 2.
Fischerkork s. Kork.
Fischleim s. Leim.
Fisetholz s. Holz VII, 68.
Fixativ s. Beryllium.
Fixiernatron s. Natriumhyposulfit und Photogr. Materialien G, 4.
Fixiersalz s. ebda.
Flachs s. Textilien A, II, b, 1; B, III, 4; C, II, 4.
Flachs, neuseeländischer s. Textilien A, II, c, 1.
Flachsbaumwolle s. Textilien unter Flachs.
Flachsöl s. Fette II, B, 5.
Flammenschutzmittel s. Aluminiumsulfat, Ammoniumphosphat, Ammoniumsulfat, Magnesiumsulfat, Natriumsilikat, -stannat, -wolframat, Zinksulfat.
Flammruß s. Farbstoffe I, 81, b.
Flanschenmetall s. Legierungen I, b, 1.

Flaschenlack s. Kitte 10, b; Firnisse 6.
Fleckenreinigung s. Oxalsäure, Kaliumoxalat, Wasserstoffsuperoxyd, Fette I, 2.
Fliegenstein s. Arsen.
Fliesen, Keramische s. Tonwaren.
Flint s. Steine I, 7.
Flintware s. Tonwaren (Steingut).
Flittergold, unechtes s. Legierungen I, b, 1.
Flohbraun s. Farbstoffe 16; 61.
Florentinerlack s. Farbstoffe I, 43; 75.
Florettseide s. Textilien unter Seide.
Floridin s. Steine V, L, 3.

Fluor, frz.: fluor; engl. fluorine. Chem. Element, Zeichen: F. Atomgewicht 19, Mol.-Gew. 38. Gasförmiges Fluor ist von schwach gelblicher bis grünlich gelber Farbe und von intensiv durchdringendem Geruch. Es reizt die Schleimhäute sehr heftig, verursacht auf der Haut heftiges Brennen und zerstört das Gewebe. Durch Abkühlen des Gases mittels siedenden Sauerstoffs erhält man eine hellgelbe Flüssigkeit vom Sp. —187° C. Gasdichte, bezogen auf Luft: 1,32.

Fluor besitzt starke Verwandtschaft zu anderen Elementen und chem. Verbindungen. Es verbindet sich bereits im Dunkeln mit Wasserstoff, Jod, Schwefel, Silizium, Bor, Arsen, Antimon, fein verteiltem Eisen und Mangan. Organische Stoffe wie Alkohol, Terpentinöl oder Kork verbrennen in ihm. Alle Metalle mit Ausnahme von Gold und den Metallen der Platingruppe werden unter Bildung von Fluoriden lebhaft angegriffen. Mit Wasser bildet es lebhaft Flußsäure. Aus Chloriden, Bromiden und Jodiden treibt Fluor die entsprechenden Halogene aus.

Eine technische Verwendung findet Fluor nicht.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 2.

Ed. Schenk.

Fluorit s. Steine I, 8.

Fluorwasserstoff, Fluorwasserstoffsäure, Flußsäure; lat.: acidum hydrofluoricum; frz.: acide fluorhydrique; engl.: hydrofluoric acid. Chem. Zus.: HF. Mol.-Gew. 20,01. Farbloses Gas vom spez. Gew. 0,69, das beim Abkühlen auf —20° C eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit bildet. Wasserfreier Fluorwasserstoff raucht an der Luft sehr stark und zieht daraus lebhaft Feuchtigkeit an; er siedet bei 19,4° C, bei —102,5° C erstarrt er zu einer kristallinischen durchscheinenden Masse, die beim weiteren Abkühlen undurchsichtig weiß wird. Sp. —92,5° C. $D_{12,6}^{0} = 0{,}9879$. Der Dampf der Flußsäure ist farblos, stark ätzend und sehr giftig. Verdampfungswärme für 1 kg fl. HF: 360 kcal.; für 1 g Mol.: 7,2 kcal. In flüssiger wasserfreier Flußsäure lösen sich leicht auf: Die Alkalichloride, -bromide und -fluoride, Natriumnitrat und Kaliumsulfat. Bildungswärme H + F (Gas) = HF (Gas) + 38900 cal. Neutralisationswärme NaOH,aq + HF,aq = 16272 cal.

In Wasser ist Fluorwasserstoff sehr leicht löslich.

Volumgewichte der Lösungen in Wasser von 20° C nach Winteler:

Proz. HF	Vol.-Gew.	Grad Beaumé	Proz. HF	Vol.-Gew.	Grad Beaumé	Proz. HF	Vol.-Gew.	Grad Beaumé
1	1,003	0,5	18	1,066	8,8	35	1,117	15,0
2	1,007	1,0	19	1,069	9,3	36	1,120	15,4
3	1,011	1,5	20	1,072	9,7	37	1,122	15,7
4	1,014	2,0	21	1,076	10,1	38	1,125	16,0
5	1,018	2,5	22	1,079	10,5	39	1,127	16,3
6	1,023	3,0	23	1,082	10,9	40	1,130	16,5
7	1,027	3,5	24	1,086	11,3	41	1,133	16,8
8	1,030	4,0	25	1,089	11,7	42	1,136	17,2
9	1,035	4,5	26	1,092	12,0	43	1,138	17,5
10	1,038	5,0	27	1,095	12,4	44	1,141	17,8
11	1,041	5,5	28	1,098	12,7	45	1,143	18,1
12	1,045	6,0	29	1,101	13,1	46	1,146	18,4
13	1,049	6,5	30	1,104	13,4	47	1,149	18,7
14	1,052	7,0	31	1,106	13,7	48	1,152	19,0
15	1,055	7,5	32	1,109	14,1	49	1,154	19,3
16	1,059	8,0	33	1,112	14,4	50	1,157	19,5
17	1,062	8,4	34	1,114	14,7			

Die gesättigte Lösung raucht stark an der Luft und gibt beim Erwärmen Fluorwasserstoffgas ab, bis bei 120° ein unverändertes Gemisch von $HF.2H_2O$ mit 36% Fluorwasserstoff überdestilliert.

Die wässrige Lösung greift sämtliche

Metalle mit Ausnahme von Blei, Gold und Platin mehr oder weniger stark unter Bildung von Metallfluoriden und Wasserstoff an. Alkalimetalle reagieren selbst bei tiefen Temperaturen sehr lebhaft. Borsäure wird in Borfluorid und Borfluorwasserstoffsäure umgewandelt. Kieselsäure bildet Siliziumfluorid, weshalb Glas und Porzellan stark angegriffen werden.

Metalloxyde werden unter Bildung von Fluoriden leicht angegriffen. Die Jodide und Bromide der Alkali- und Erdalkalimetalle werden unter Abscheidung von Jod und Brom, die Karbonate unter Bildung von Kohlensäure und die Zyanide unter Austreiben von Blausäure lebhaft zersetzt. Auch die Nitrate und Sulfide der Alkali- und Erdalkalimetalle werden durch Fluorwasserstoffsäure wie durch eine starke Mineralsäure zersetzt. Bildet lösliches Silberfluorid und unlösliche Erdalkalifluoride. Organische Verbindungen wie Methyl-, Äthylalkohol, Äther, Terpentinöl, Kautschuk, Schießbaumwolle, Baumwolle, Pergament, Horn werden von Flußsäure schnell zerstört. Papier, Holz, Kork werden durch den Dampf der Flußsäure verkohlt. Nicht oder kaum angegriffen werden Guttapercha, Blei, Ceresin, Holzgummi, Paraffin, weshalb diese Stoffe für Aufbewahrungs- und Transportgefäße für Flußsäure dienen. Man verwendet Gefäße aus Blei, Gußeisen, mit Guttapercha überzogene Glasflaschen, Behälter aus Hartgummi oder mit Paraffin, Wachs oder Ceresin ausgekleidete Glasflaschen. Nach Betts (Eng. Min. J. 1907, 83, 153) bewähren sich mit Harz ausgekleidete Bierfässer.

Die käufliche Säure enthält meist Kieselfluorwasserstoffsäure, H_2SO_4,SO_2,HCl,As, Fe,Pb. Prüfung auf Reinheit: Eine Probe soll beim Abdampfen in einer Platinschale ohne Rückstand verdampfen und darf eine schwache Permanganatlösung nicht entfärben.

Die wässrige Lösung sowie die Dämpfe wirken auf Haut und Schleimhäute äußerst ätzend und giftig und erzeugen auf der Haut schmerzhafte Blasen und Geschwüre und Eiterungen unter den Fingernägeln. Zum Schutze gegen die Flußsäure verwendet man Respiratoren und Einreiben der Haut mit Paraffinöl.

Verwendung: Zum Ätzen von Glas (reine Flußsäure zum Glattätzen, mit Ammoniumfluorid zum Mattätzen), zur Herstellung von Glasätztinten und Stempeldrucken für Glas z. B. 10 g Ammoniumfluorid, 1,5 g Kochsalz, 1,5 g Natriumkarbonat, 4 g konz. Flußsäure, 2 g Schwefelsäure, 0,5 g Kaliumfluorid in 1 g Salzsäure gelöst und Zusatz von soviel Wasserglas, daß die Mischung eine zum Stempeln geeignete Konsistenz besitzt (Sprechsaal 1912, 542) oder nach DRP 148724: man erhält ein streichbares Gemenge von mit Ammonfluorid gesättigter Fluorwasserstoffsäure mit Magnesiumkarbonat, Dextrin und ev. einem Farbstoff. Zur Herstellung einer Glasätztinte mischt man 30 g Ammoniumfluorid in 15 ccm dest. Wasser mit 6 g Schwefelsäure und fügt dann 5 g konz. Flußsäure und 1 g Gummi arabicum-Lösung hinzu. — Zur Herstellung von Doppelantimonfluoriden für Färbereizwecke (als Ersatz für Brechweinstein), zum Konservieren von Fruchtsäften (Z. öff. Ch. 1910, 17, 1, 2), zum Entziehen der Seidenbeschwerung, zum Reinigen von Kupfergegenständen (5—10%ige Lösung), als 1—2%ige Lösung zum Reinigen von Gußstellen von Sand, zum Öffnen von Bohrlöchern für Erdöl oder Naturgas (Stahl, Z. angew. Ch. 1896, 9, 225), im Gärungsgewerbe zur Bekämpfung von gewissen Nebengärungen (Heinzelmann, Z. Spiritus-Ind. 13 (1891), 247, Verfahren von Effront, Bull. Soc. Ch. 1890 (3) 4, 337). Als Ersatz für Flußsäure beim Mattieren von Glas verwendet man das Sandstrahlgebläse. Als Desinfektionsmittel s. a. 25.

Zur Bestimmung des Gehaltes wässriger Lösungen von Flußsäure bedient man sich der Platinaräometer oder der Hartgummipyknometer, oder man titriert zur Bestimmung des Gehaltes an HF mit karbonatfreiem Normalalkali mit Phenolphtalein als Indikator.

Preise: Fluorwasserstoffsäure % kg M.

rauchd. käufl. 40—50%
1 kg M. 0,85 65,00
„ „ 55—60%
1 kg M. 0,95 80,00
„ „ 70—75%
1 kg M. 1,10 90,00
chem. rein ca. 40%
1 kg M. 5,00
rauchend, Mattsäure z. Glasätzen
1 kg M. 1,20 100,00

Bezugsquellen: Chemische Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering) Berlin N, Müllerstraße 170/171; Chem. Werke Schuster u. Wilhelmy AG., Reichenbach (O.-L.); Humann u. Teisler, Dohna (Sachsen); C. A. F. Kahlbaum, GmbH., Adlershof bei Berlin; Dr. Heinr. König u. Co., GmbH., Leipzig-Plagwitz; Königswarter u. Ebell, Linden vor Hannover; Rudolph Koepp u. Co., Östrich i. Rheingau; E. Merck, Darmstadt; Anhaltisch-Oberschlesische Fluorwerke, GmbH., Fluor-Siptenfelde(Ostharz). Flußsäureflaschen: Dr. Heinr. Traun u. Söhne, Hamburg.

Literatur:

Gmelin-Kraut, Handb. der anorg. Chemie 1, 2.

Ed. Schenk.

Fluorzinklauge s. Desinfektionsmittel 25.
Flußeisen s. Eisen B, II.
Flußmittel, keramische s. Tonwaren.
Flußspat s. Steine I, 8; Kalziumfluorid.
Flußstahl s. Eisen B, II.
Föhre s. Holz VII, 3.
Formaldehyd s. Aldehyde 1; Desinfektionsmittel 12, 85.
Formalin s. ebda.
Forman s. Desinfektionsmittel 85.
Formisol s. Desinfektionsmittel 86.
Formobas, Formobor s. Desinfektionsmittel 86.
Formol s. Aldehyde 1; Desinfektionsmittel 85.
Formyltrichlorid s. Chloroform.
Formylzellulose s. Plastische Massen 3.
Frankfurterschwarz s. Farbstoffe I, 81, c.
Frankolin s. Azetylen.
Frankrohrholzmatte s. Steine V, L, e.
Franzleinen s. Textilien C, II, 4.
Franzosenholz s. Holz VII, 25.
Französisches Gold s. Gold (goldähnliche Legierungen).
Fresol s. Braunkohlenteer.
Fritten s. Tonwaren (Steinzeug, Töpfergeschirr).
Frostaquol s. Steine V, E.
Frostfeind, Frostgegner s. Steine V, E.
Fruchtäther s. Essigester, Amylazetat.
Fruchtzucker s. Zucker 2.
Fruktol s. Ameisensäure (Verwendung).
Fruktose s. Zucker 2.
Furfurol s. Desinfektionsmittel 86, a.
Furnalith s. Steine V, A, 3.
Furniere s. Holz III, 4.
Furol s. Desinfektionsmittel 86, a.
Fuselöl s. Amylalkohol.
Fustik s. Holz VII, 68.

Berichtigung.

Auf Seite 494 rechts, Zeile 8 v. u. muß es statt „über 71°“ unter 71° heißen.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.

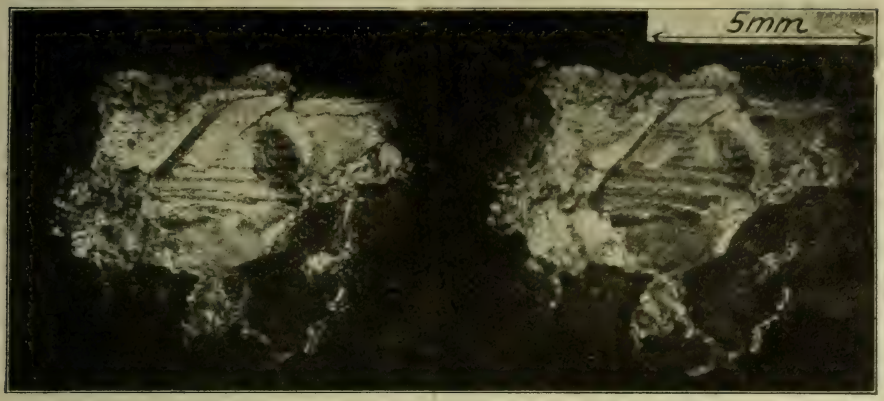


Abb. 2. Eisenkristall-Bruchflächen. V. = 6. (S. 224.)

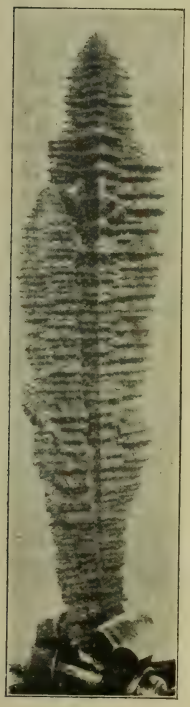


Abb. 1. Eisenkristall. (S. 224.)

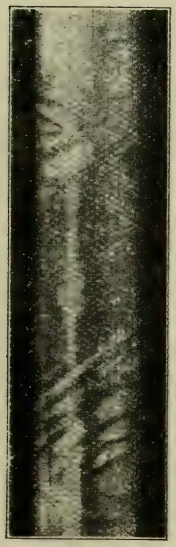


Abb. 2. (S. 200.)

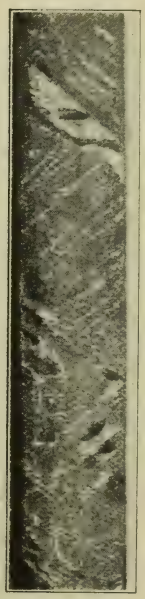


Abb. 3. (S. 200.)
Flußeisenstäbe mit Streckfiguren.

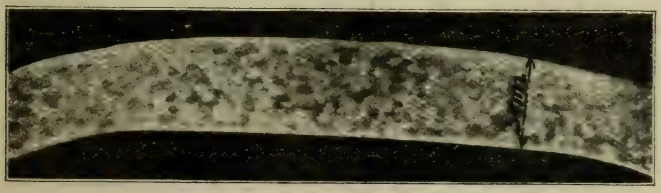


Abb. 3. Grobkristallinisches Flußeisen. (S. 224.)

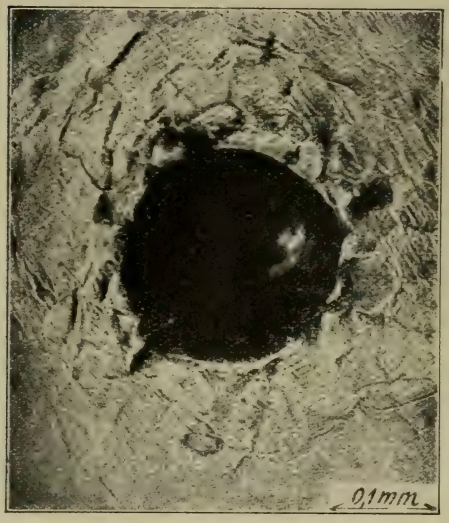


Abb. 4. Körnereindruck in Flußeisen. V. = 150. (S. 224.)

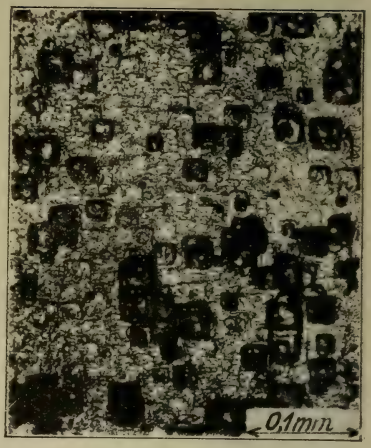


Abb. 5. Ätzfiguren in Flußeisen. V. = 150. (S. 224.)

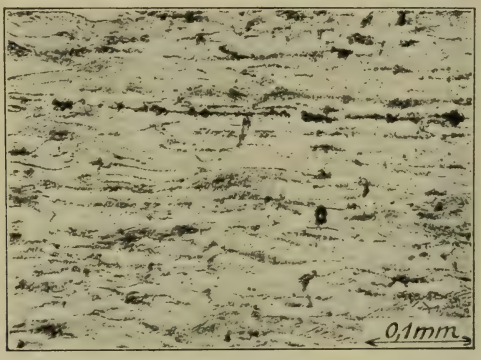


Abb. 6. Gefüge von kaltgezogenem Flußeisen. V. = 150. (S. 224, 238.)

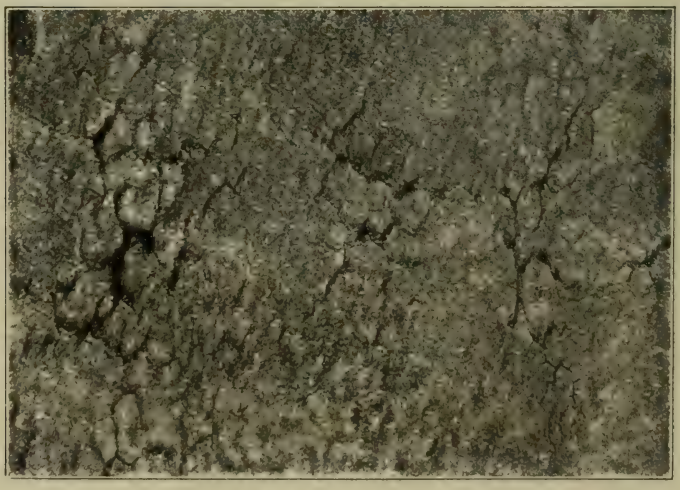


Abb. 7. Oberfläche eines verbrannten Flußeisenbleches. (S. 224.)

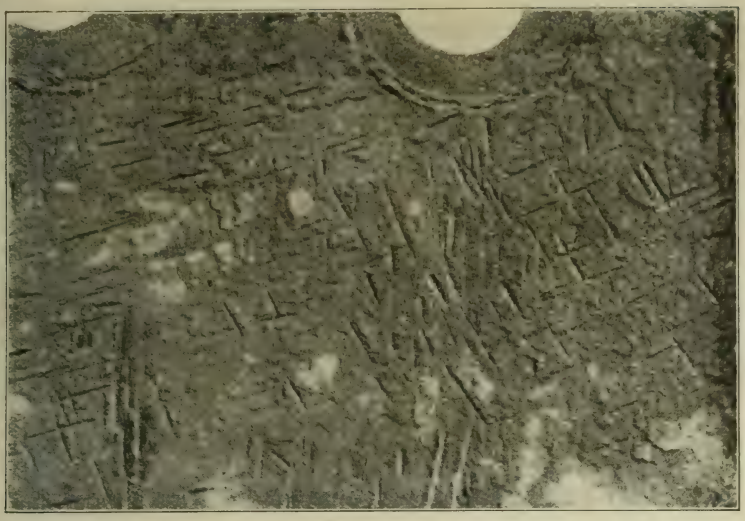


Abb. 8. Kesselblech mit Narben von Kesselhammerhieben. (S. 224.)

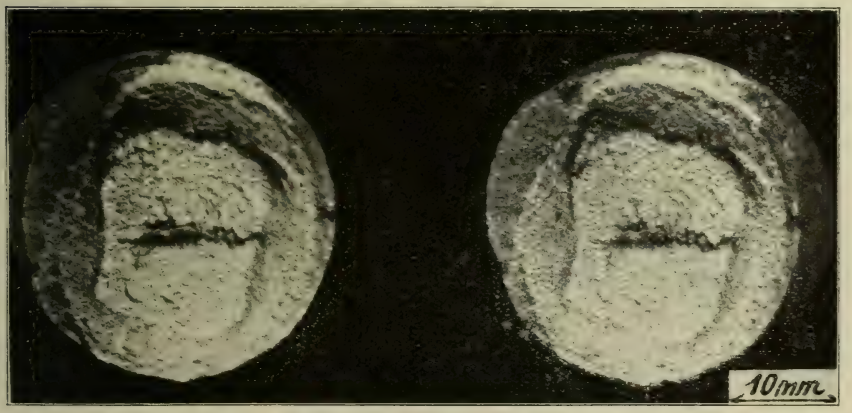


Abb. 9. Bruchfläche mit Fehlstelle (Flußeisen). (S. 224.)

Abb. 10. Grobkörniges Flußeisen. (S. 224.)

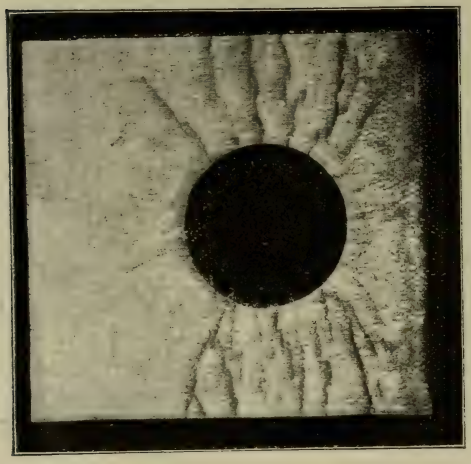


Abb. 11. Nietloch mit Rissen. (S. 225.)

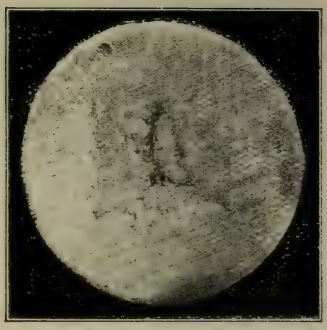


Abb. 12. Flußeisen mit Fehlstelle wie Abb. 9. (S. 225.)

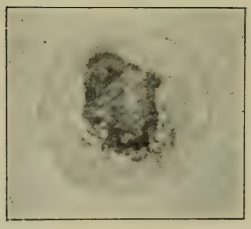


Abb. 13. „Schwefeldruck“ (wie Abb. 12). (S. 225.)

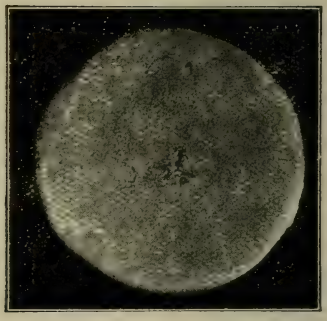


Abb. 14. Wie Abb. 12, poliert. (S. 226.)

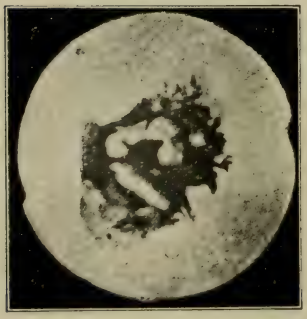


Abb. 15. Wie Abb. 14, geätzt. (S. 226.)

Abb. 16. Nietkopf, Handnietung. (S. 227.)

Abb. 17. Nietkopf, Maschinennietung. (S. 227.)

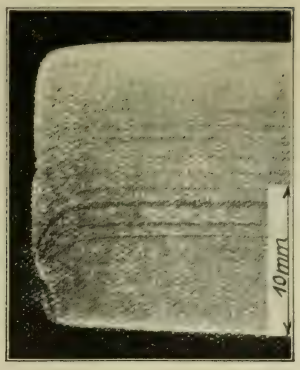


Abb. 18. Rand eines gestanzten Nietlochs. (S. 227.)

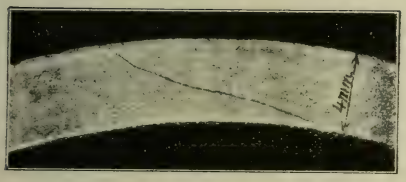


Abb. 19. Schweißung. (S. 227, 243.)

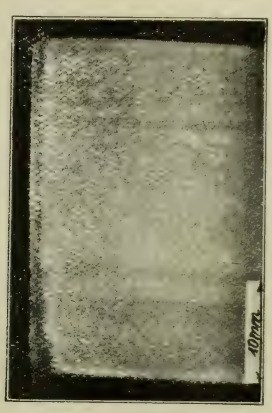


Abb. 20. Rand eines mit dem Schneidbrenner geschnittenen Bleches. (S. 227, 239.)

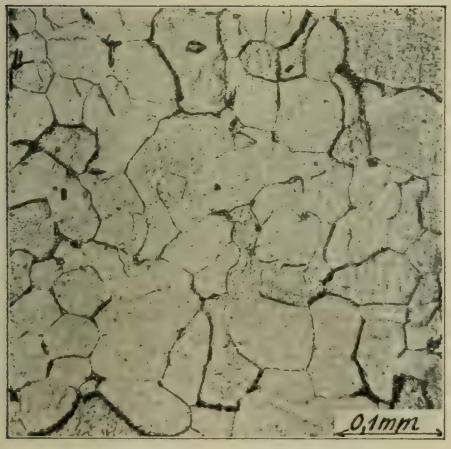


Abb. 21. Flußeisen mit sehr geringem Kohlenstoffgehalt (Ferrit). V. = 150. (S. 227.)

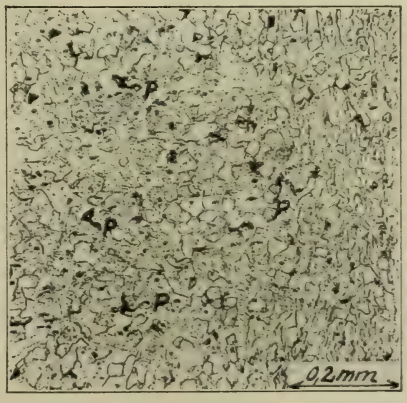


Abb. 22. Flußeisen mit wenig Kohlenstoff (Ferrit und Perlit). V. = 75. (S. 227.)

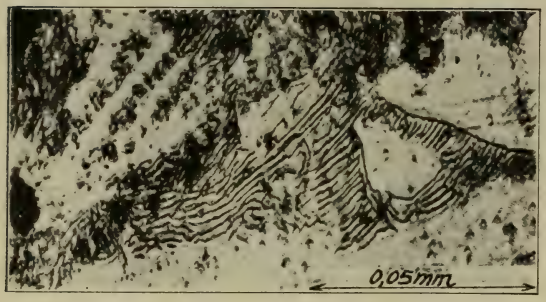


Abb. 23. Perlitinsel. V. = 600. (S. 227.)

Abb. 24. Kohlenstoffbestimmung. V. = 75. (S. 227.)

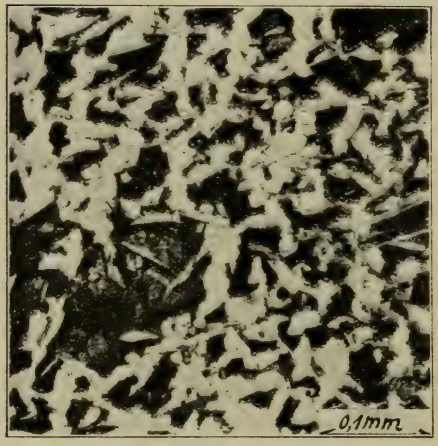


Abb. 25. Maschinenstahl (Ferrit u. Perlit). V. = 150. (S. 228.)

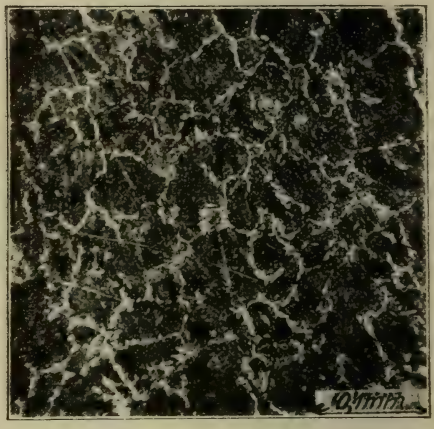


Abb. 26. Maschinenstahl (Perlit und Ferrit). V. = 150. (S. 228.)

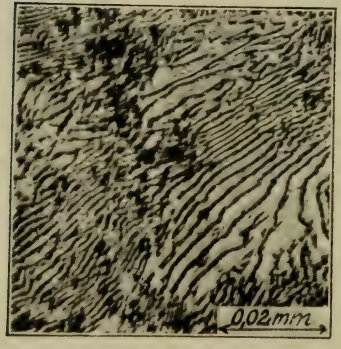


Abb. 27. Werkzeugstahl (Perlit). V. = 750. (S. 228.)

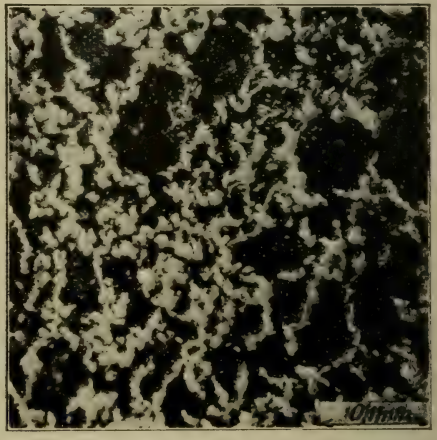


Abb. 28. Harter Werkzeugstahl (Perlit und Zementit). V. = 150. (S. 228.)

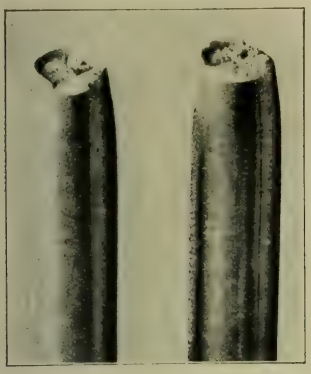


Abb. 29. Zerrissener Flußeisenstab. (S. 228.)

Abb. 31. Zerrissener Flußeisenstab. (S. 228.)

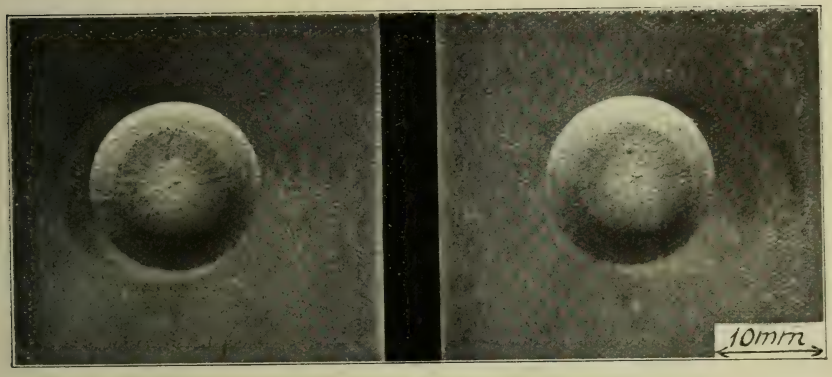


Abb. 30. Bruchfläche eines Flußeisenstabes. (S. 228.)

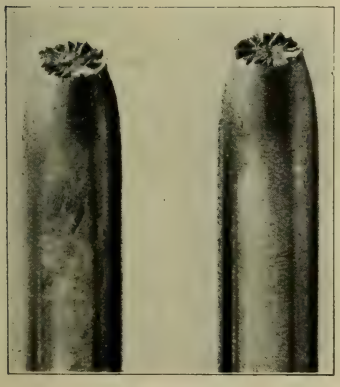


Abb. 32. Vergüteter Flußeisenstahl. (S. 228.)

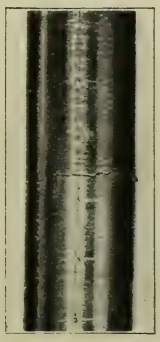


Abb. 33. Zerrissener Gußeisenstab. (S. 228.)

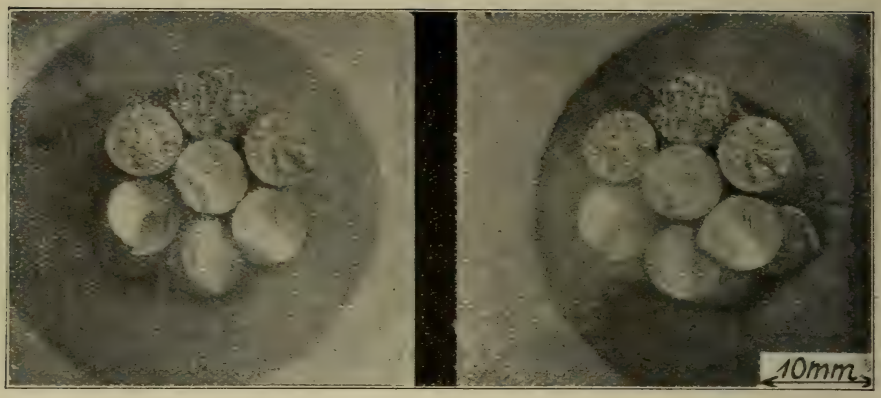


Abb. 34. Bruchflächen eines Stahldrahtes nach verschiedener Härtung. (S. 228.)

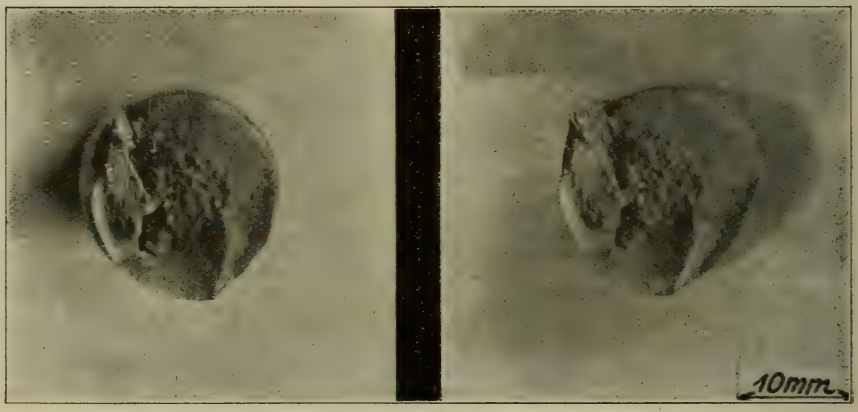


Abb. 35. Stab mit Fehlstelle. (S. 223.)

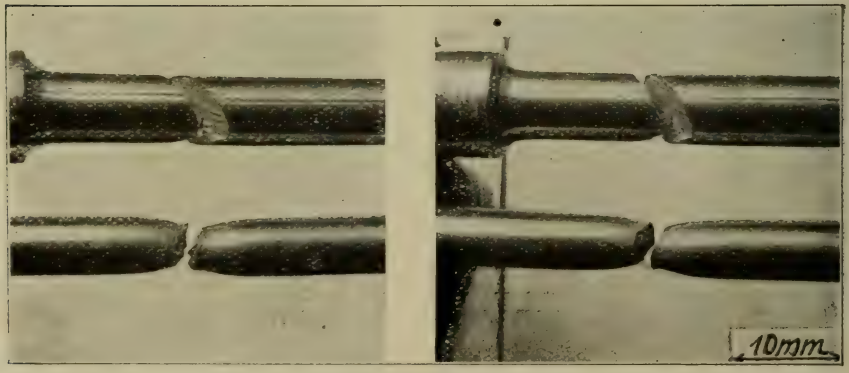


Abb. 37. Oben: Stab mit Fehlstelle, unten: Stab ohne Fehlstelle. (S. 228, 239.)

Abb. 36. Stab mit Fehlstelle. (S. 228.)

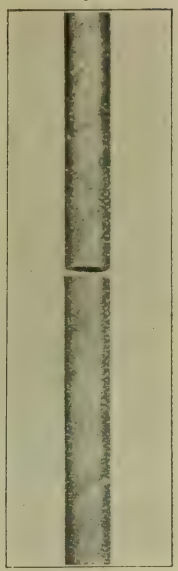


Abb. 38. Verdrehter Stab. (S. 228.)

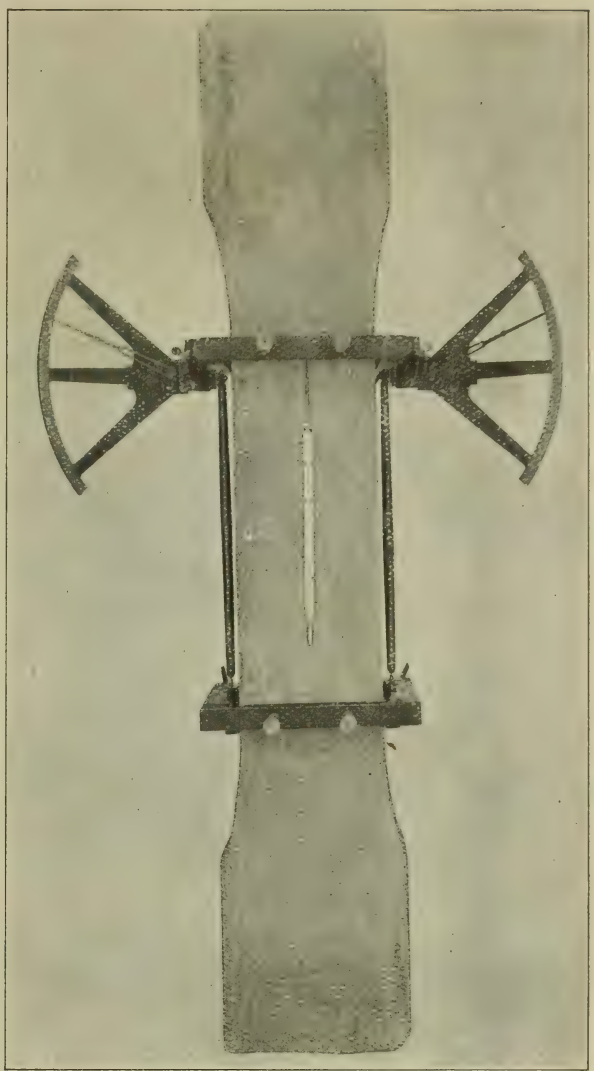


Abb. 21. Bändcheninstrument (Zug und Druck) nach Bach. (S. 208.)

Abb. 40. Dauerbruchfläche. (S. 228.)

Abb. 39. Dauerbruchfläche. (S. 228.)

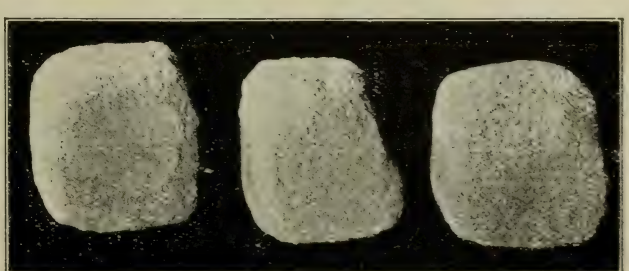
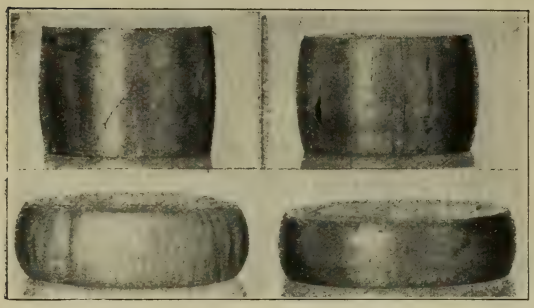
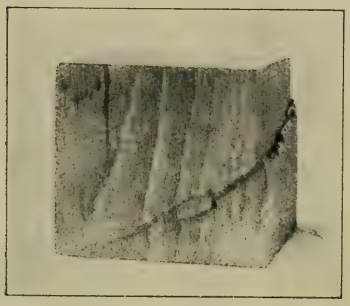


Abb. 42. Gefrierproben. (S. 217.)





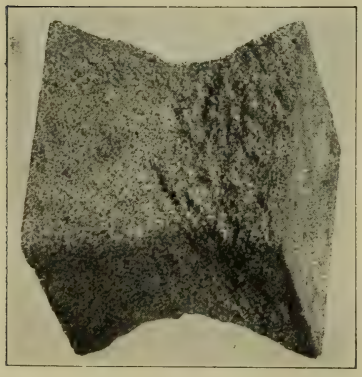


Abb. 23. Gedrückte Probekörper aus Gußeisen, Flußeisen, Schweißeisen, Zink, Buchenholz, Mörtel. (S. 210.)

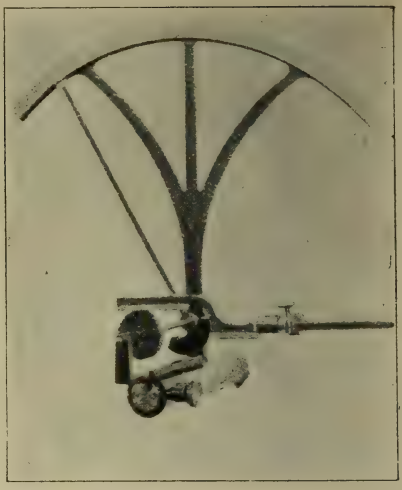


Abb. 25. Bauschingerscher Rollenapparat (Durchbiegung). (S. 211.)

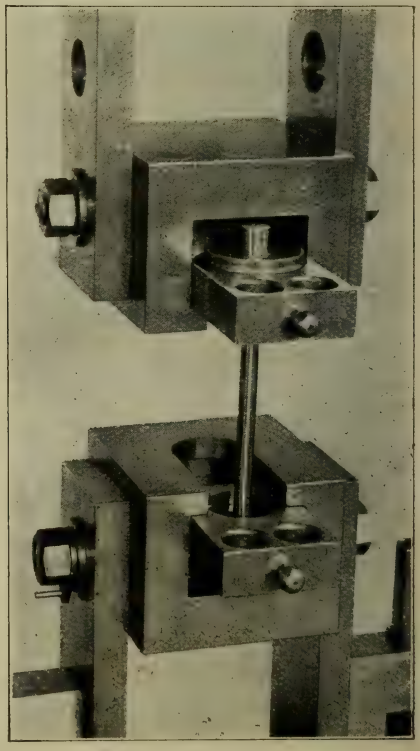


Abb. 45. Einspannkopf und Schieber (Rundstäbe). (S. 219.)

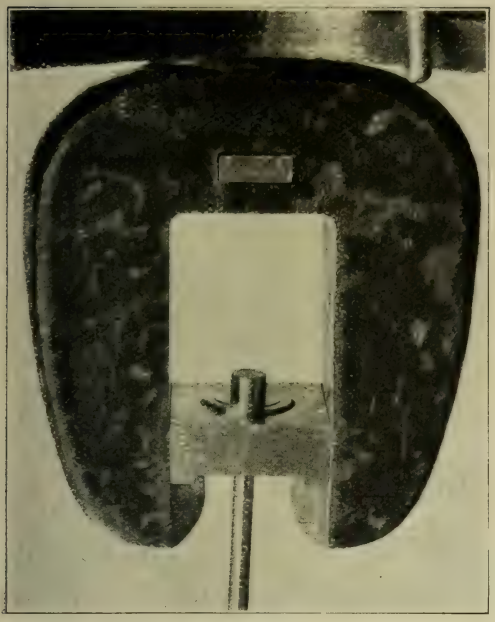


Abb. 46. Einspannkopf für Zugstäbe. (S. 219.)

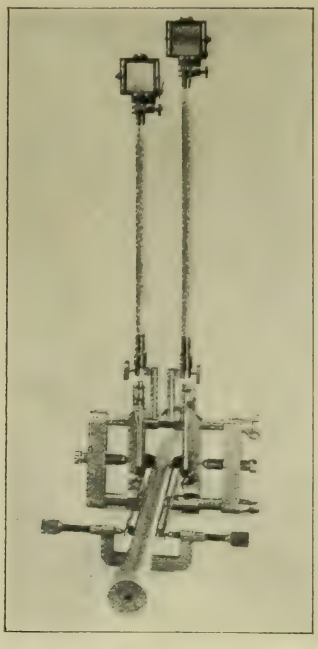


Abb. 17. Bauschingerscher Spiegelapparat. (S. 208.)

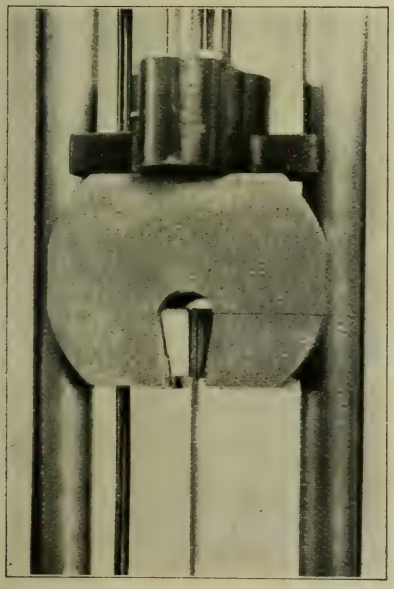


Abb. 47. Einspannkopf mit Beißkeilen. (S. 219.)

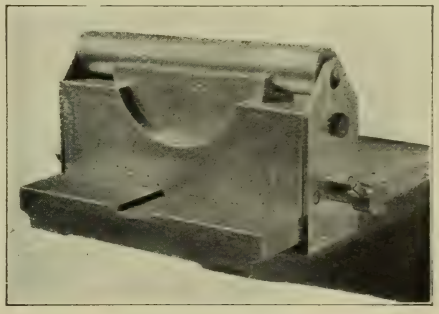


Abb. 49. Bewegliches Auflager für Biegungsversuche. (S. 220.)

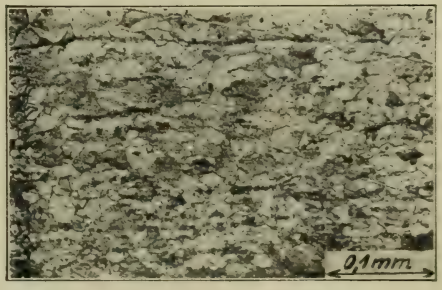


Abb. 52. Geglühtes Flußeisen. V. = 150. (S. 238.)

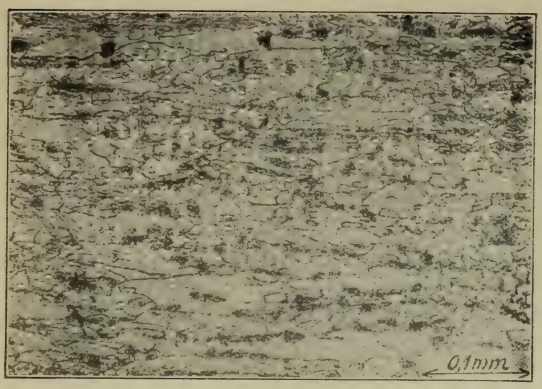


Abb. 53. Kaltgezogenes Flußeisen, unvollständig ausgeglüht. V. = 150. (S. 238.)

Abb. 56. Riß in Kesselblech, am Rande eines gestanzten Nietloches. (S. 238.)

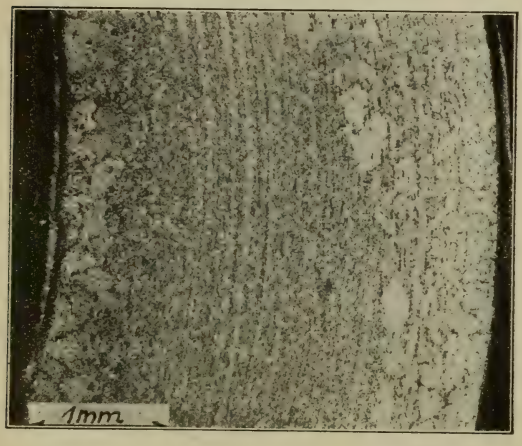


Abb. 54. Grobkörniges Flußeisen. (S. 238.)

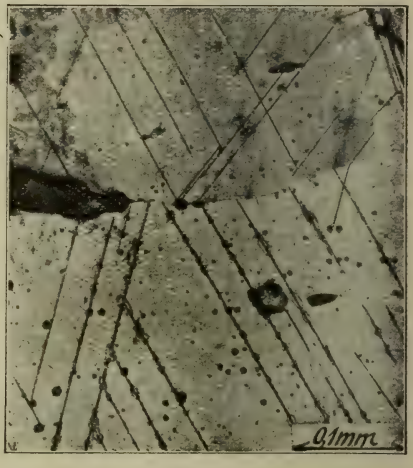


Abb. 57. Gleitlinien im Flußeisen. V. = 150. (S. 238.)

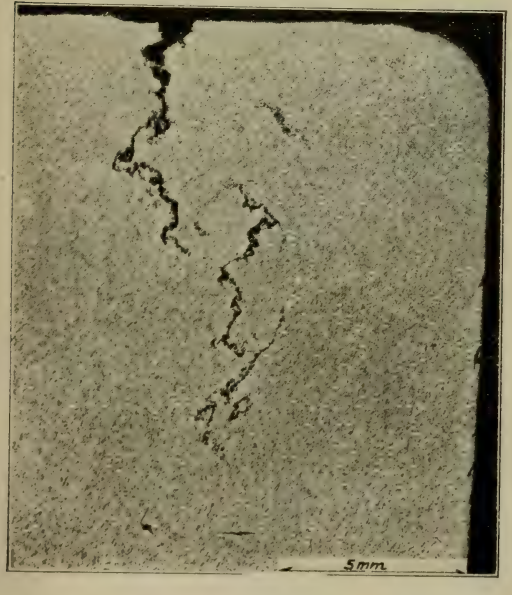


Abb. 55. Riß in Kesselblech, unter einer Stemmkante. (S. 238.)

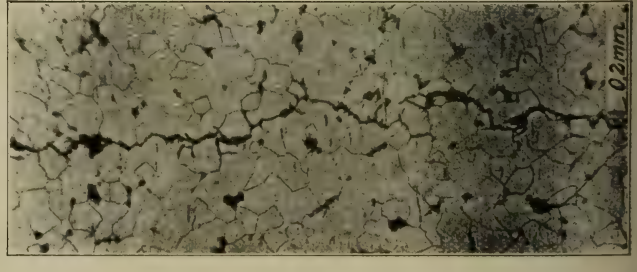


Abb. 58. Riß im Kesselblech. V. = 75. (S. 238.)

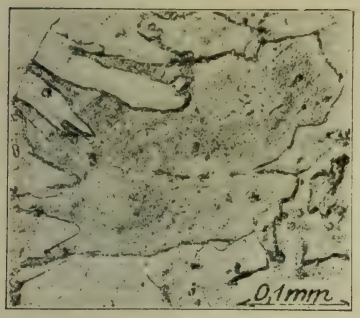


Abb. 59. Rasch gewachsenes Korn in Flußeisen (Überhitzung). V. = 150. (S. 238.)

Abb. 60. Verbranntes Flußeisen. V. = 150. (S. 239.)

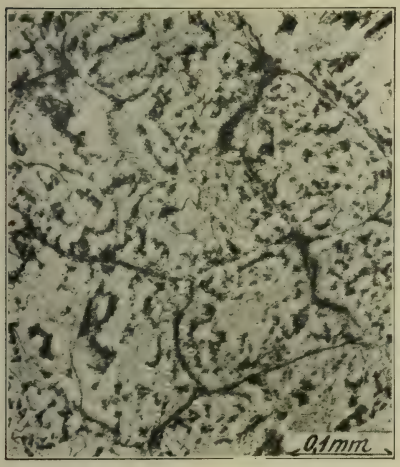


Abb. 61. Verbranntes Flußeisen, ausgeglüht. V. = 150. (S. 239.)

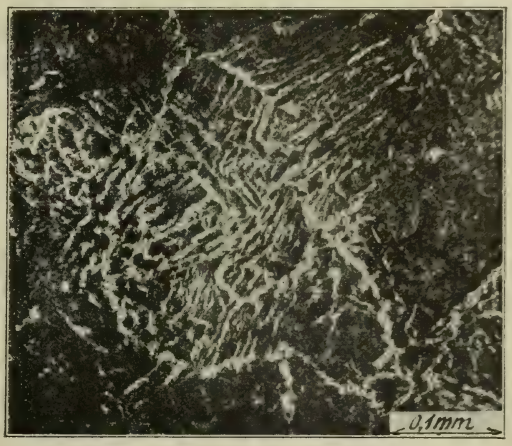


Abb. 62. Verbrannter Stahl. V. = 150. (S. 238.)

Abb. 63. Stengeliges Bruchgefüge. (S. 239.)

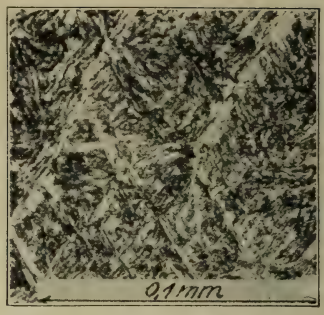


Abb. 64. Flußeisen.

Geglüht (Ferrit und Perlit).
V. = 150. (S. 239.)

Gehärtet (Martensit).
V. = 375. (S. 239.)

Abb. 65. Martensit und Ferrit (helle Insel).
V. = 750. (S. 239.)

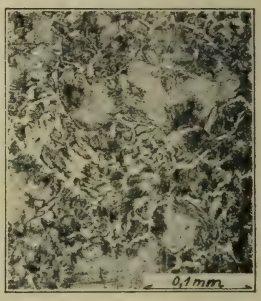


Abb. 66. Ölhärtung.
V. = 150. (S. 239.)

Abb. 68. Abb. 69.

Angelassener Stahl.

Martensit und Troostit.
V. = 600. (S. 240.)

Sorbit.
V. = 600. (S. 240.)

Abb. 70. Verbrannter Werkzeugstahl. V. = 150. (S. 241.)

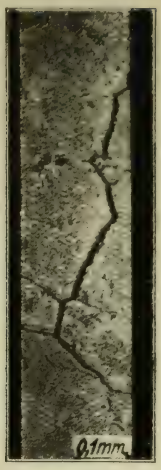


Abb. 71. Härteriß. V. = 75. (S. 241.)

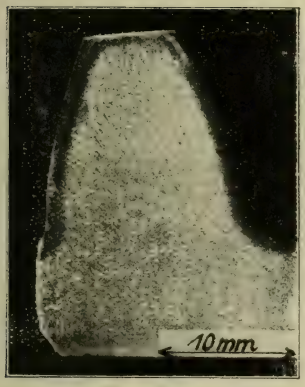


Abb. 72. Zahn mit eingesetzter Oberfläche. (S. 242.)

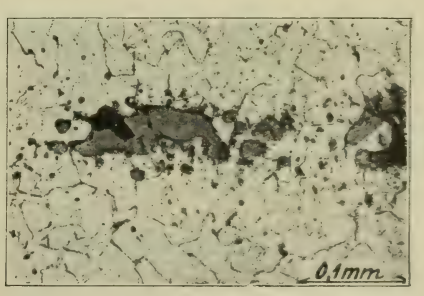


Abb. 73. Schlacken in Schweißnaht. V. = 150. (S. 242.)

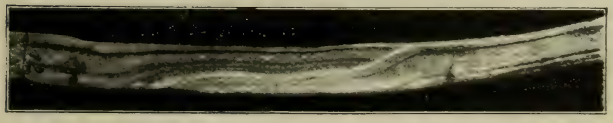


Abb. 74. Überlappte Schweißung. (S. 242.)

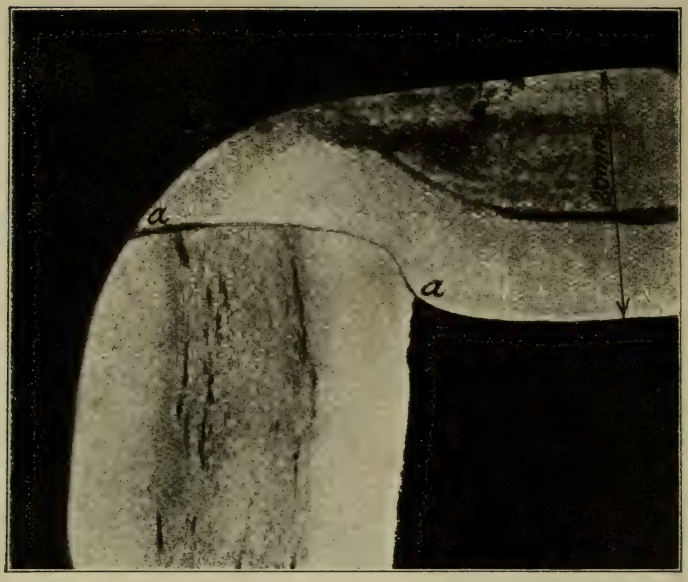


Abb. 75. Stumpfe Schweißung (Wasserkammer).
(S. 243.)

Abb. 76. Stumpfe elektr. Schweißung.
(S. 243.)

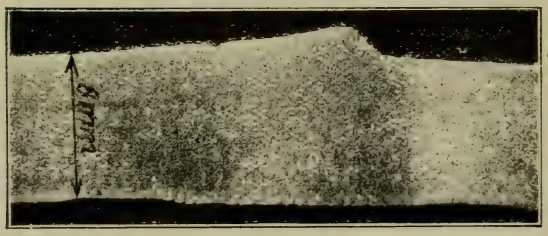


Abb. 77. Gute autogene Schweißung.
(S. 243.)

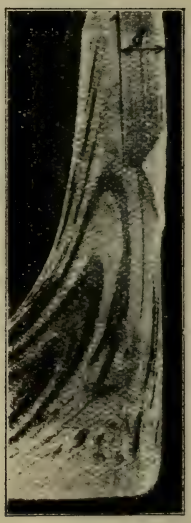


Abb. 78.
Autogene Schweißung.
(S. 243.)

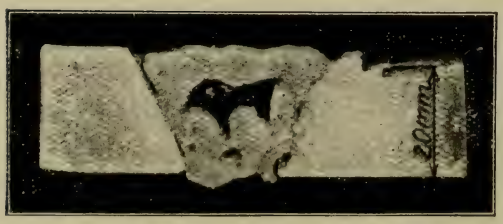


Abb. 79. Schlechte autogene Schweißung.
(S. 243.)

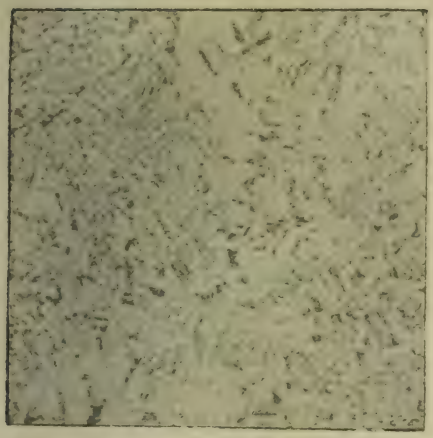


Abb. 6.
Stahlformguß 0,15 % C.

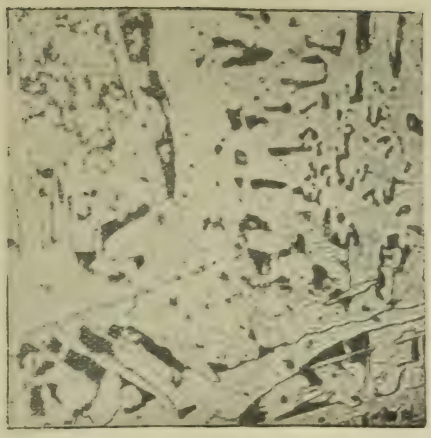


Abb. 7.
Stahlformguß Abb. 6 vierfach vergrößert (Teilbild).

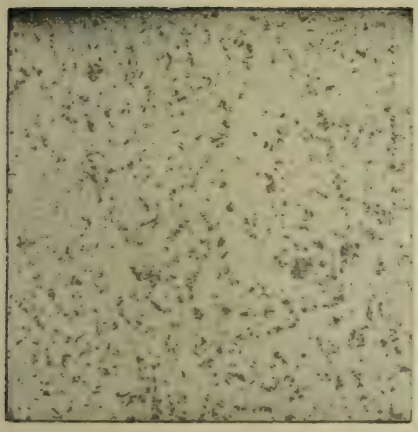


Abb. 8.
Stahlformguß 0,15% C.

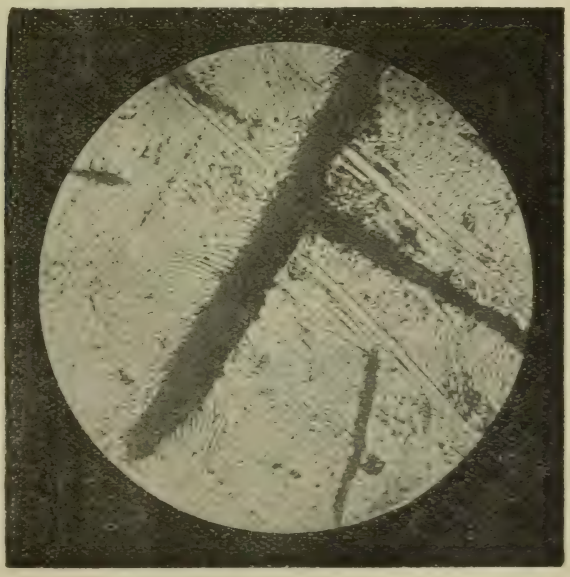


Abb. 9.
Graues Roheisen.

Abb. 10.
Weißes Roheisen.

Abb. 11.
Halbiertes Gußeisen.

Abb. 12.
Temperguß.

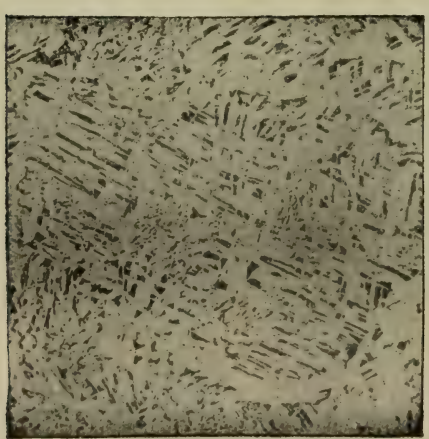


Abb. 13. Stahlformguß, ausgeglüht.

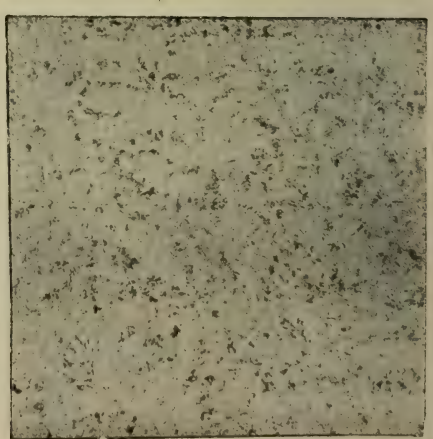


Abb. 14. Stahlformguß, geglüht.

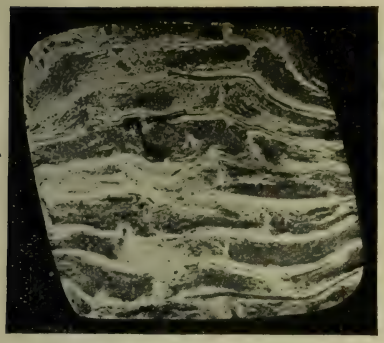


Abb. 3. Walzriegel aus Rohschiene.

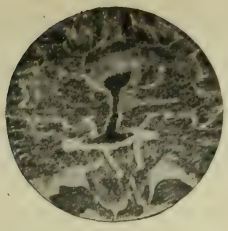


Abb. 4. Rundeisen aus Schweißpaket. (In der Mitte ist noch eine Schiene sichtbar.)

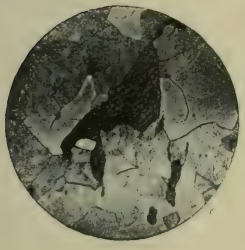


Abb. 5. Gefüge weichen Schweißeisens, 100mal vergrößert. Geätzt mit 5%iger Salpetersäure in Äthylalkohol.

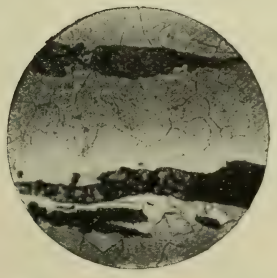


Abb. 6. Gefüge eines weichen Schweißeisens. Schnitt parallel zur Walzrichtung. 100fach vergrößert. Ätzung wie Abb. 5.

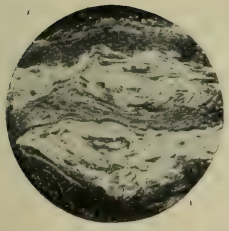


Abb. 7. Rundeisen aus einem Schweißpaket. Ätzung mit 12%igem Kupferammoniumchlorid. Nat. Größe.

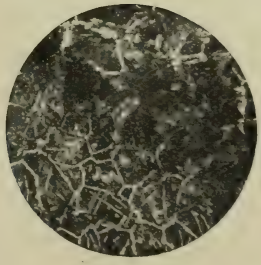


Abb. 8. Ungleichmäßige Kohlenstoffverteilung im Schweißeisen. 100fach vergrößert.

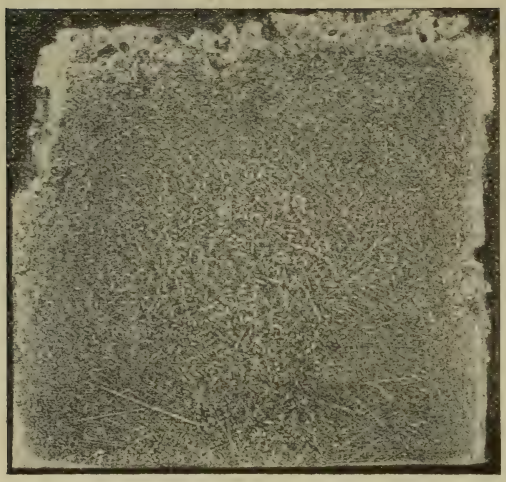


Abb. 1.
Stahlblock mit 0,8% C, geätzt nach Oberhoffer, zur Ermittlung der Phosphorverteilung.

Abb. 3.
Ritzung durch Stahlnadel: Ferrit wird geritzt, Zementit nicht.

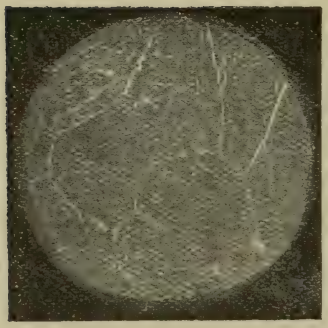


Abb. 4.
Stahl, mit 1,5% C, mit Salpetersäure geätzt.

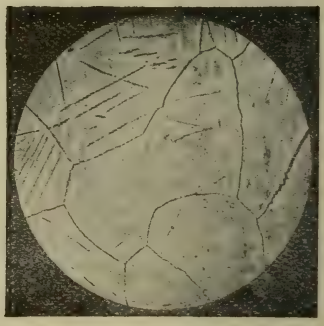
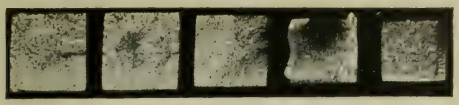


Abb. 5.
Wie Abb. 4, jedoch mit Natriumpikrat geätzt.



1 2 3 4 5

Abb. 6.
Praktische Bestimmung der Härtungstemperatur nach Metealfs.

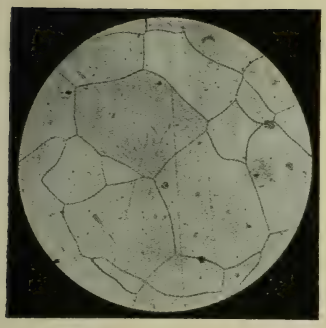


Abb. 8.
4%iger Siliziumstahl.

Abb. 16.
10%iger Manganstahl mit 0,9% Kohlenstoff, abgeschreckt (Polyederstruktur).

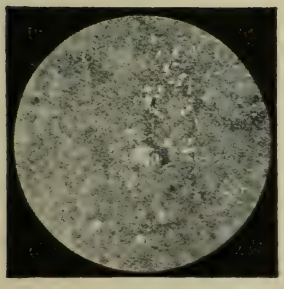


Abb. 38.
Schnelldrehstahl geglüht.

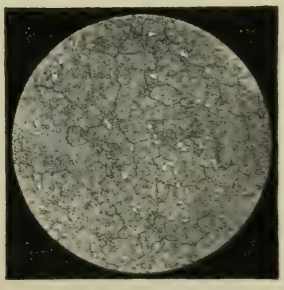


Abb. 39.
Schnelldrehstahl gehärtet.

Verlag von JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

ERDMANN-KÖNIGS Grundriß der allgemeinen Warenkunde unter Berücksichtigung der Technologie und Mikroskopie. Für Handelsschulen, Handelsakademien und Handelshochschulen, gewerbliche Lehranstalten, zur Vorbildung für Lehramtskandidaten und zur Weiterbildung für Kaufleute und Techniker in praktischen Betrieben. In 12. bis 14. Aufl. bearbeitet von Schulrat Prof. Eduard Hanausek. Die 15. Auflage, vollständig neubearbeitet von Ing. Ernst Remenovsky, Assistent und Supplent der Wiener Handelsakademie, erschien im Jahre 1915 und hatte einen Umfang von XXXII, 954 Seiten mit 565 Abb. und 14 Tafeln. Die 16. Auflage befindet sich unter der Presse.

Kolonialwaren-Zeitung: Der „Erdmann-König" ist in den langen Jahren seines Erscheinens (seit 1833) für den Kaufmannsstand das geworden, was Meyer und Brockhaus, unsere bedeutendsten Konversations-Lexika, für die Allgemeinheit sind. Wir empfehlen das sowohl durch seinen reichen Inhalt wie durch die Art und Weise seiner Darstellung hervorragende Werk als zuverlässigen Führer durch das Gebiet der Warenkunde, der andere Lehr- und Hilfsbücher entbehrlich macht.

HAGERS pharmazeutisch-technische Manuale. Enzyklopädische Vorschriftensammlung für Apotheker, Chemiker, Drogisten und verwandte Berufszweige. Die 7. Auflage des Originalwerkes, vollständig neu bearbeitet und herausgegeben von Dr. W. Arnold und Willy Wobbe, erschien im Jahre 1903. IV, 1295 und 121 Seiten. Die 8. Auflage befindet sich unter der Presse.

Chemische Zeitschrift: . . . So stellt das Manuale heute wieder eine Vorschriftensammlung dar, wie sie in gleicher Vollständigkeit kaum existieren dürfte.

Apotheker-Zeitung: In erster Linie wollen wir zunächst feststellen, daß wir einem Kranze von Namen begegnen, deren Träger sämtlich in unseren Spezialfächern praktisch bzw. wissenschaftlich rühmlichst bekannt sind

In zweiter Hinsicht ergab die Prüfung, daß nicht etwa eine einfache Übertragung des lateinischen Textes der sechsten Auflage in unsere deutsche Muttersprache stattgehabt hat. Nein, überall merkt man, daß jede einzelne Vorschrift auch kritisch bzw. dort, wo es geboten erschien, auch praktisch neu geprüft und erst nach Feststellung der Probehaltigkeit der Sammlung einverleibt worden ist.

HOFFMANN, M. K., Lexikon der anorganischen Verbindungen unter Berücksichtigung von Additionsverbindungen mit organischen Komponenten. Dictionary of inorganic compounds. — Dictionaire des combinaisons minérales. — Dizionario delle combinazioni inorganiche. Mit Unterstützung der Deutschen Chemischen Gesellschaft herausgegeben im Auftrage des Vereins Deutscher Chemiker. 3 Bände in 4 Teilen: 1910—1919. Band I, 1. Hälfte: Einleitung usw. Wasserstoff bis Silber. Nr. 1—31. 946 S. Band I, 2. Hälfte: Quecksilber bis Bor. Nr. 32—55. 698 S. Band II. Aluminium bis Xenon. Nr. 56 bis 81; Bibliographien. 1291 S. Bd. III: Rechentafel, Register, Nachtrag usw. 164 S.

Preis des vollständigen Werkes jetzt: Mk 384.—, geb. Mk 480.—, einschließlich Verleger-Teuerungszuschlag.

Zeitschrift für angewandte Chemie: Es ist eine ungewöhnlich mühevolle und zugleich dankenswerte Aufgabe, die sich der Verfasser mit der Bearbeitung und Herausgabe des Lexikons der anorganischen Verbindungen gestellt hat. Wir zweifeln nicht, daß das Lexikon der anorganischen Verbindungen in den Kreisen der anorganisch arbeitenden Chemiker und vor allem in den Laboratorien eine weite Verbreitung finden wird. . . . so werden wir in unserer deutschen chemischen Literatur wiederum ein Buch besitzen, um das uns die Chemiker aller anderen Kulturstaaten beneiden werden.

SCHLICKUMS Ausbildung des jungen Pharmazeuten und seine Vorbereitung zur pharmazeutischen Vorprüfung. Dreizehnte, vollständig umgearbeitete und bedeutend vermehrte Auflage des „Apothekerlehrlings". Bearbeitet von Hofapotheker Dr. W. Arnold-München, Apotheker Dr. H. Bauer, Professor an der Techn. Hochschule Stuttgart, Apotheker Dr. W. Böttger, a. o. Professor an der Universität Leipzig, Apothekenbesitzer Dr. C. Jehn-Geseke, Apothekenbesitzer A. Roderfeld-Ludwigsdorf, Dr. L. Schiller, Ass. am Phys. Institut der Universität Leipzig, Apothekenbesitzer L. R. Schlickum-Winningen, Oberstabsapotheker Dr. H. Telle-Leipzig und Krankenhausapotheker Dr. H. Trunkel-Leipzig, unter Redaktion von Prof. Dr. W. Böttger. XII, 959 Seiten mit 601 Abbildungen und 3 farbigen Tafeln. 1921. Mk 140.—, geb. Mk 160.—, einschließlich Verleger-Teuerungszuschlag.

Pharmazeutische Zentralhalle: Das Buch ist so bekannt und beliebt von alters her, daß ich mich bezüglich des Inhaltes kurz fassen kann. Unser Schlickum ist der alte, gute Führer für den Lehrenden und der treffliche Lehrer und treue Berater für den Lernenden geblieben. Die neue Auflage hat das Ziel, unseren Nachwuchs so vorzubereiten, daß er den Vorlesungen auf der Hochschule mit Verständnis folgen kann. . . . Anschauliche Bilder und Klarheit des Ausdrucks erleichtern das Verständnis und werden dem Buche stets neue Freunde bringen.

Pharmazeutische Zeitung: Der neue Schlickum gehört zu den guten Lehrbüchern! Mag sein Studium die Berufsfreude fördern und den Geschäftssinn veredeln!

Verlag von JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

TRUTTWIN, HANS, Handbuch der kosmetischen Chemie. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter herausgegeben. XII, 753 S. mit 28 Abb. im Text. 1920. Mk 144.—, geb. Mk 163.20, einschließlich Verleger-Teuerungszuschlag.

Inhalt: Geschichte der kosmetischen Chemie. — Die pflanzlichen Drogen in der Kosmetik. — Harze und Balsame in der Kosmetik. — Die tierischen Drogen in der Kosmetik. — Die mineralischen Drogen in der Kosmetik. — Fette und Öle in der Kosmetik. — Die Chemie der kosmetischen Seifen. — Salben und Glyzerin in der kosmetischen Chemie. — Die ätherischen Öle in der Kosmetik. — Die synthetischen Riechstoffe der kosmetischen Chemie. — Die in der Kosmetik gebräuchlichen Farbstoffe. — Der Alkohol in der kosmetischen Chemie. — Physikalische Chemie in der Kosmetik. — Die Metalle der kosmetischen Chemie. — Säure und Alkalien in der kosmetischen Chemie. — Der Sauerstoff in der Kosmetik. — Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und Geruch. — Schminke-, Puder-, Mund- und Zahnpflegemittel. — Kosmetische Bäder. — Haarfärbe- und Bleichmittel. — Haar- und Nagelkosmetik. — Kosmetische Pflaster und Verbände. — Die Desinfektion und Hygiene in der Kosmetik. — Die Gifte in der Kosmetik. — Anatomie der Haut. — Die physiologische Chemie der Haut. — Die Beziehungen der Kosmetik zur Dermatologie. — Die chemische Technologie der Kosmetik. — Die Geheimmittel und Spezialitäten der Kosmetik. — Statistik und Weltwirtschaftliches in der kosmetischen Industrie. — Die fremdländischen Verhältnisse in der kosmetischen Industrie. — Die patentrechtlichen Fragen und das Warenzeichenrecht in der Chemie der Kosmetik. — Wege und Ziele der kosmetischen Chemie.

Deutsche Parfümerie-Zeitung: . . . Aus diesen Gründen heraus, denen man zustimmen muß, hat Truttwin sein Buch herausgegeben, und er hat die von ihm gewählte Aufgabe in um so vortrefflicherer Weise gelöst, als es gerade in der Kosmetik schwer ist, ein einheitliches Ganzes zu schaffen, weil es sich um ein Grenzgebiet zwischen Chemie und Medizin handelt und sachkundige Mitarbeiter, die zugleich gewillt sind, ihre Erfahrungen im Druck preiszugeben, schwer zu finden sind. Trotzdem ist das dem Herausgeber gelungen; das Buch kann daher bestens empfohlen werden.

VOLHARD, Jakob, Justus von Liebig. 2 Bände. 1909.
I. Band: XII, 456 S. mit Bildnis in Heliogravüre.
II. Band: VIII, 438 S. mit Bildnis in Heliogravüre.
Mk 39.60, geb. Mk 43.20, einschließlich Verleger-Teuerungszuschlag.

Chemiker-Zeitung: Neben den Denkmälern in Erz und Stein hat Liebig nun auch ein würdiges literarisches Denkmal erhalten: in der vorliegenden zweibändigen Biographie hat J. Volhard ein Werk geschaffen, das dauernd Liebig zur Ehr, uns aber zur Lehr dienen wird. Um Liebig als Menschen und Lehrer in allen Zügen und Wandlungen uns vorzuführen, bedurfte es eines Mannes, der zu dem großen Meister von Jugend auf in naher Beziehung gestanden; um die geniale Kraftnatur Liebigs, sein in Lieben und Hassen, Arbeiten und Forschen gleich leidenschaftliches Wesen im richtigen Lichte vor uns erstehen zu lassen, war ein Mann erforderlich, der über die leidenschaftslose geklärte Ruhe des Alters verfügt. Um die schier unfaßbare Leistungsfähigkeit Liebigs auf allen Gebieten der Chemie ausführlich zu schildern und auf ihre bleibende Bedeutung abzuschätzen, mußte der Biograph ein Chemiker sein, der selbst zu den Meistern gezählt wird. In der Volhardschen Biographie haben die deutschen Chemiker einem ihrer Allergrößten ein Ehrendenkmal errichtet. Diese Liebig-Biographie sollte ein Hausbuch jedes Chemikers werden; wer sie erst einmal durchgelesen hat, wird sie immer wieder hervorsuchen, denn sie wirkt auf unser Gemüt und auf unsern Geist, und indem sie uns Liebig bewundern und verehren lehrt, läßt sie uns seinen Biographen liebgewinnen.

Verlag von LEOPOLD VOSS in Leipzig.

RICHTER, M. M., Lexikon der Kohlenstoffverbindungen. Dritte Auflage. — 144500 organische Verbindungen. (Erste Auflage 16000; zweite Auflage 112164 Verbindungen.) 4 Bände. 4751 Seiten. 1910—1912.
Preis: Mk 400.—, geb. Mk 500.—, einschließlich Verleger-Teuerungszuschlag.

Deutsche chemische Industrie: Das nunmehr in dritter Auflage erschienene Lexikon der Kohlenstoffverbindungen gehört so sehr zu dem Handwerkszeug eines jeden mit organischen Verbindungen arbeitenden Chemikers, daß es kaum nötig erscheint, auf seinen Inhalt und seine Einrichtungen näher einzugehen. Herr M. M. Richter aber hat sich durch die Schöpfung dieses eigenartigen und unentbehrlichen Werkes ein unvergängliches, dem „Beilstein" würdig zur Seite zu stellendes Denkmal errichtet.

Chemiker-Zeitung: Richters Lexikon bedarf keiner Empfehlung; es hat seine Zuverlässigkeit und Unentbehrlichkeit seit Jahren erwiesen. Ohne Richter und Beilstein, die sich ja gegenseitig ergänzen, ist eine verläßliche Benutzung der organischen Literatur heute fast undenkbar.

Naturwissenschaftliche Rundschau: Es ist kaum abzuschätzen, wieviel die ganze chemische Forschung den beiden Werken, dem Beilstein und dem Richter, zu verdanken hat, ein chemisches Laboratorium ohne diese Werke ist daher auch kaum denkbar.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 112011777